А. П. ЕЛЬНІЦКІ А. І. ШАРАПА

ХІМІЯ

Вучэбны дапаможнік для 11 класа
агульнаадукацыйных устаноў
з беларускай мовай навучання
з 11-гадовым тэрмінам навучання

Дапушчана
Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь

Мінск «Народная асвета» 2008

УДК 54(075.3=161.3)
ББК 24я721
Е 57

Пераклад з рускай мовы *Л. Э. Гаранінай*

Рэцэнзенты:
каф. арг. хіміі Бел. дзярж. тэхнал. ун-та
(д-р хім. навук, прафесар кафедры *А. Э. Шчарбіна*);
настаўнік хіміі вышэйшай катэгорыі сярэд. шк. № 184 г. Мінска *І. І. Барушка*

Ельніцкі, А. П.
Е57 Хімія : вучэб. дапам. для 11-га кл. агульнаадукац. устаноў з бел. мовай навучання з 11-гадовым тэрмінам навучання / А. П. Ельніцкі, А. І. Шарапа; пер. з рус. мовы Л. Э. Гаранінай. — Мінск : Нар. асвета, 2008. — 278 с. : іл.
ISBN 978-985-12-2029-4.

УДК 54(075.3=161.3)
ББК 24я721

ISBN 978-985-12-2029-4

Прадмова

Паважаныя старшакласнікі!

У гэтым навучальным годзе вы будзеце вывучаць важны раздзел хімічнай навукі — арганічную хімію. Вывучэнне арганічнай хіміі дазволіць вам сфарміраваць уяўленне аб хімічнай будове і ўласцівасцях арганічных рэчываў, зразумець узаемасувязь паміж будовай, уласцівасцямі і напрамкамі іх практычнага выкарыстання.

Інфармацыя, дадзеная ў асноўных тэкстах параграфаў, належыць вывучэнню і наступнай праверцы якасці засваення. Акрамя асноўнага тэксту, у параграфах ёсць і дадатковы, які набраны дробным шрыфтам і адзначаны спецыяльным знакам. Інфармацыя, якая змяшчаецца ў дадатковых тэкстах, мае тлумачальны і ўдакладняючы характар, што будзе садзейнічаць больш глыбокаму засваенню асноў арганічнай хіміі, а таксама развіццю інтарэсу да вывучаемага прадмета.

Пасля кожнага параграфа прапануюцца пытанні і заданні для самастойнай работы, тыпавыя разліковыя задачы.

У вучэбным дапаможніку дадзена абмежаваная колькасць разліковых задач. Для паўнацэннага засваення зместу курса пажадана сістэматычна выкарыстоўваць у рабоце зборнікі задач па хіміі.

Адказы на ўсе разліковыя задачы прыводзяцца ў канцы кнігі.

Выкананне заданняў усіх відаў, якія складзены ў адпаведнасці з асноўнымі патрабаваннямі да рэзультатаў вучэбнай дзейнасці вучняў, будзе садзейнічаць больш якаснаму засваенню асноў арганічнай хіміі, фарміраванню ўменняў характарызаваць і растлумачваць хімічныя з'явы, абагульняць і сістэматызаваць факты, фармуляваць вывады.

Вывучэнне школьнага курса арганічнай хіміі прадугледжвае выкананне лабараторных доследаў і практычных работ. Інструкцыі, неабходныя для іх выканання, прыводзяцца ў вучэбным дапаможніку пасля тэкстаў адпаведных параграфаў.

У канцы вучэбнага дапаможніка дадзены абагульняючыя табліцы хімічных уласцівасцей вывучаемых класаў арганічных злучэнняў, прадметны і імянны паказальнікі.

У вучэбным дапаможніку выкарыстоўваюцца наступныя ўмоўныя абазначэнні:

— азначэнні і правілы;

— цікава ведаць;

— дадатковы матэрыял;

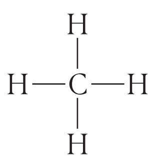
— вывады.

РАЗДЗЕЛ 1

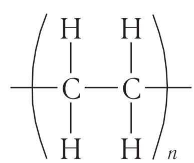
ТЭОРЫЯ ХІМІЧНАЙ БУДОВЫ АРГАНІЧНЫХ ЗЛУЧЭННЯЎ

Пры вывучэнні хіміі ў папярэдніх класах вы ўжо коратка азнаёміліся з арганічнымі рэчывамі і іх хімічнымі ўласцівасцямі. У гэтым годзе вам прапануецца сістэматычны курс арганічнай хіміі. У першую чаргу вы будзеце вывучаць арганічныя злучэнні, якія шырока прымяняюцца ў быце, прамысловасці і сельскай гаспадарцы.

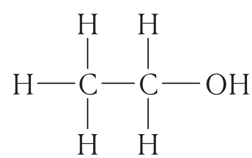
Ніжэй прыведзены структурныя формулы некаторых прадстаўнікоў арганічных злучэнняў, якія часта сустракаюцца, і іх асноўнае прымяненне:



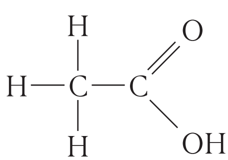
метан
(асноўная частка
прыроднага газу, паліва)



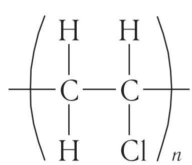
поліэтылен
(трубы, пакрыцці,
плёнкі, пасуда, цацкі)



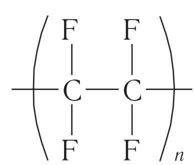
этанол
(паліва, растваральнік,
спіртныя напіткі)



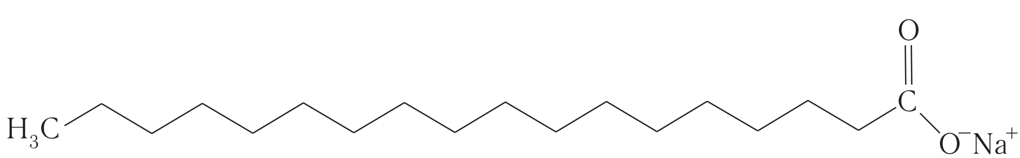
воцатная кіслата
(хімічная і харчовая
прамысловасць)



полівінілхларыд
(палімер, дэталі вокнаў,
дзвярэй, пакрыцці)



політэтрафторэтылен
(тэрмаўстойлівы палімер;
пакрыцці для прасаў
і скаварод)



натрыевая соль актадэцылавай (стэарынавай) кіслаты (мыла)

§ 1. Прадмет арганічнай хіміі

Прадмет арганічнай хіміі

Арганічная хімія вывучае састаў, будову, уласцівасці і прымяненне арганічных злучэнняў.

Ва ўсіх арганічных злучэнняў ёсць адна агульная ўласцівасць: яны абавязкова змяшчаюць атамы *вугляроду*. Акрамя вугляроду, у састаў малекул арганічных злучэнняў уваходзяць вадарод, кісларод, азот, радзей — сера, фосфар, галагены.

У цяперашні час вядома больш за дваццаць мільёнаў арганічных злучэнняў. Гэта разнастайнасць абавязана унікальным уласцівасцям вугляроду, атамы якога здольны ўтвараць трывалыя хімічныя сувязі як паміж сабой, так і з іншымі атамамі.

Рэзкай мяжы паміж неарганічнымі і арганічнымі злучэннямі не існуе. Некаторыя злучэнні вугляроду, такія, як аксіды вугляроду, солі вугальнай кіслаты, па характару ўласцівасцей адносяцца да неарганічных.

Прасцейшымі па саставу арганічнымі злучэннямі з'яўляюцца *вуглевадароды*, якія змяшчаюць толькі атамы вугляроду і вадароду. Іншыя арганічныя злучэнні можна разглядаць як *вытворныя вуглевадародаў*.

! **Арганічная хімія — гэта навука, якая вывучае вуглевадароды і іх вытворныя.**

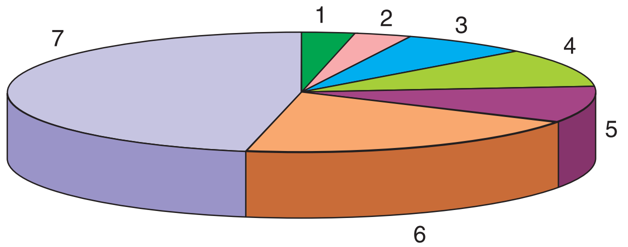
Адрозніваюць арганічныя злучэнні *прыроднага* паходжання (крухмал, цэлюлоза, прыродны газ, нафта і інш.) і *сінтэтычныя* (утвараюцца ў выніку сінтэзу ў лабараторыях і на заводах).

Да арганічных злучэнняў прыроднага паходжання адносяцца таксама рэчывы, якія ўтвараюцца ў жывых арганізмах. Гэта, напрыклад, нуклеінавыя кіслоты, бялкі, тлушчы, вугляводы, ферменты, вітаміны, гармоны. Будова і ўласцівасці гэтых рэчываў, іх біялагічныя функцыі вывучаюць **біяхімія, малекулярная біялогія** і **біяарганічная хімія**.

Пераважная большасць лекавых прэпаратаў уяўляюць сабой арганічныя злучэнні. Атрыманнем лекаў і вывучэннем іх уздзеяння на арганізм займаецца **хімія лекавых рэчываў**.

Вялікую колькасць сінтэтычных арганічных злучэнняў атрымліваюць у выніку перапрацоўкі нафты (мал. 1), прыроднага газу, вугалю і драўніны.

Дасягненні арганічнай хіміі выкарыстоўваюцца ў вытворчасці будаўнічых матэрыялаў, у машынабудаванні і сельскай гаспадарцы, медыцыне, электратэхнічнай і паўправадніковай прамысловасці. Без сінтэтычнага паліва, сінтэтычных мыйных сродкаў, палімераў і пластмас, фарбавальнікаў і г. д. немагчыма ўявіць сучаснае жыццё.



Мал. 1. Прадукты перапрацоўкі нафты: *1* — сыравіна для хімічнай прамысловасці; *2* — асфальт; *3* — маслы; *4* — паліва для самалётаў; *5* — змазачныя матэрыялы; *6* — дызельнае паліва; *7* — бензін

Уздзеянне арганічных рэчываў, якія атрымлівае чалавек, на жывыя арганізмы і іншыя аб'екты прыроды рознае. Выкарыстанне некаторых арганічных злучэнняў у шэрагу выпадкаў прыводзіць да сур'ёзных экалагічных праблем. Напрыклад, хлорзмяшчальны інсектыцыд ДДТ, які раней прымяняўся для барацьбы са шкоднымі насякомымі, з-за назапашвання ў жывых арганізмах і павольнага раскладання ў прыродных умовах у цяперашні час забаронены для выкарыстання.

Мяркуецца, што фторхлорвуглевадароды (фрэоны), напрыклад дыфтордыхлорметан CF_2Cl_2, садзейнічаюць разбурэнню азонавага слоя атмасферы, які засцерагае нашу планету ад жорсткага ультрафіялетавага выпраменьвання. Па гэтай прычыне фрэоны замяняюцца на менш шкодныя насычаныя вуглевадароды.

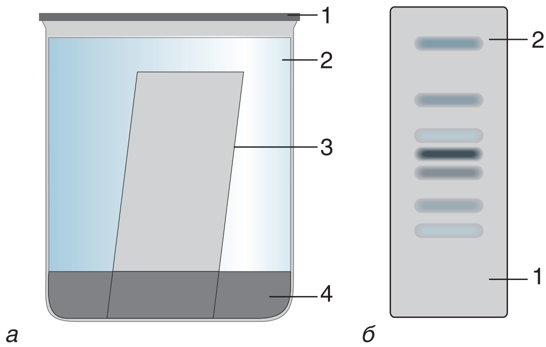
Метады вывучэння арганічных рэчываў

Вывучэнне арганічных рэчываў пачынаецца з устанаўлення іх *якаснага* і *колькаснага саставу*.

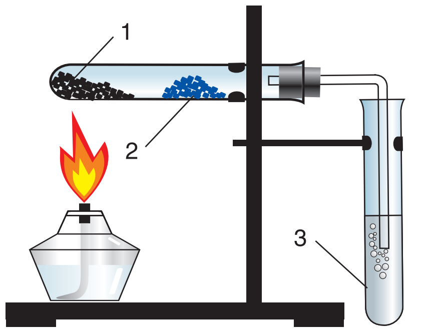
Арганічныя рэчывы, якія сустракаюцца ў прыродзе або атрымліваюцца сінтэтычна, як правіла, з'яўляюцца сумесямі. Для вывучэння будовы і ўласцівасцей арганічных злучэнняў неабходны чыстыя, без прымесей, рэчывы, таму вельмі важнымі з'яўляюцца метады ачысткі арганічных рэчываў.

Часцей за ўсё для ачысткі прымяняюцца *перагонка*, *перакрышталізацыя* і *храматаграфія*. З перагонкай і перакрышталізацыяй вы ўжо знаёміліся. Храматаграфія прымяняецца для ачысткі арганічных рэчываў, а таксама падзелу складаных сумесей на асобныя кампаненты.

Храматаграфія ўяўляе сабой метад падзелу кампанентаў сумесі паміж нерухомай і рухомай фазамі. У залежнасці ад характару нерухомай фазы храматаграфія падзяляецца на *адсарбцыйную* (напрыклад, на сілікагелі) і *размеркавальную* (напрыклад, на паперы). Па характару рухомай фазы храматаграфія дзеліцца на *газавую* і *вадкасную*.
Адсарбцыйная храматаграфія, якая часцей прымяняецца ў лабараторыях, заснавана на рознай адсорбцыі рэчываў на цвёрдым носьбіце (сілікагелі) і наступным вымыванні іх падыходзячым растваральнікам.



Мал. 2. Тонкаслаёвая храматаграфія: *а* — камера для храматаграфіі (*1* — накрыўка; *2* — стакан; *3* — пласцінка для храматаграфіі; *4* — растваральнік); *б* — узор храматаграфіі (*1* — лінія старту; *2* — лінія фінішу)



Мал. 3. Прыбор для вызначэння якаснага саставу арганічных рэчываў: *1* — сумесь парашку аксіду медзі(I) і парафіну; *2* — сульфат медзі(II); *3* — вапнавая вада

Адным з варыянтаў адсарбцыйнай храматаграфіі з'яўляецца *тонкаслаёвая*. Тыповая тонкаслаёвая храматаграма паказана на малюнку 2.
Менш палярны кампанент сумесі, які дрэнна адсарбіруецца на сілікагелі, больш актыўна перамяшчаецца з растваральнікам і знаходзіцца ўверсе пласцінкі. Кампанент, які добра адсарбіруецца, перамяшчаецца больш павольна.

Пасля атрымання чыстага рэчыва або асобнага кампанента сумесі пачынаецца вызначэнне яго якаснага саставу — наяўнасці вугляроду, вадароду, кіслароду, азоту і іншых элементаў.

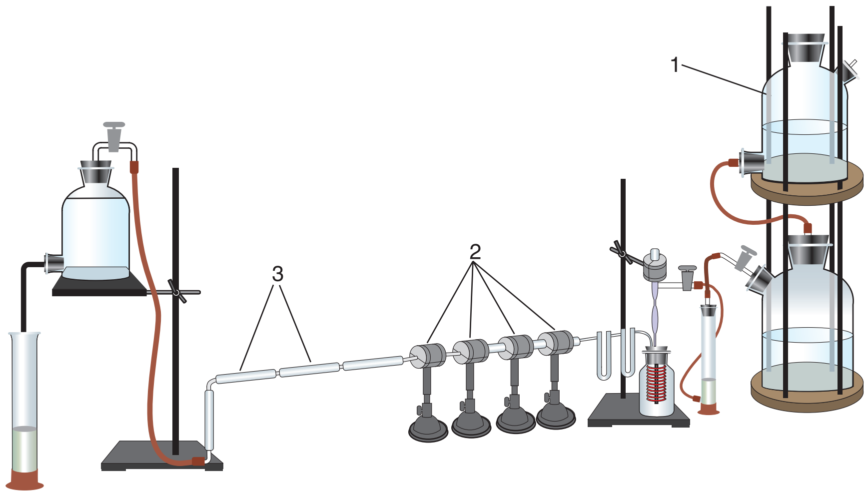
Якаснае выяўленне вугляроду і вадароду ў арганічных злучэннях лёгка ажыццявіць пры іх акісленні *аксідам медзі*(II) да *вуглякіслага газу* і *вады* (мал. 3).

Вада, якая вылучаецца пры гэтым, выяўляецца па ператварэнню бязводнага сульфату медзі(II) у гідрат $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ блакітнага колеру, а CO_2, які пры гэтым утвараецца, — па памутненню вапнавай вады:

$$C_2H_6 + 7CuO \longrightarrow 2CO_2\uparrow + 3H_2O + 7Cu;$$
$$5H_2O + CuSO_4 \longrightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O;$$
$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Наступным этапам даследавання рэчыва з'яўляецца вызначэнне яго **колькаснага** саставу. Колькасны састаў арганічных злучэнняў устанаўліваюць пры іх акісленні ў прыборы, паказаным на малюнку 4.

Прадукты акіслення арганічных злучэнняў улоўліваюць у спецыяльных паглынальніках, якія ўзважваюць перад рэакцыяй і пасля яе, і па рознасці мас знаходзяць масы вады і вуглякіслага газу, што ўтварыліся ў рэакцыі. На падставе



Мал. 4. Прыбор для вызначэння колькаснага саставу арганічных рэчываў:
1 — газаметр з кіслародам; *2* — спальвальныя печы;
3 — паглынальныя трубкі для CO_2 і H_2O

атрыманых даных вызначаюць прасцейшую (эмпірычную) формулу рэчыва, а калі вядома адносная малекулярная маса, то і малекулярную формулу.

Адным з важных метадаў вызначэння будовы малекул і адноснай малекулярнай масы з'яўляецца *мас-спектраметрыя*. На рэчыва, папярэдне прыведзенае ў газападобны стан, дзейнічаюць пучком электронаў, якія хутка рухаюцца:

$$\underset{\text{малекула}}{\mathrm{M}} \xrightarrow{70\ \text{эВ}} \underset{\text{малекулярны іон}^{1}}{\mathrm{M}^{+}} + \underset{\text{электрон}}{e^{-}}$$

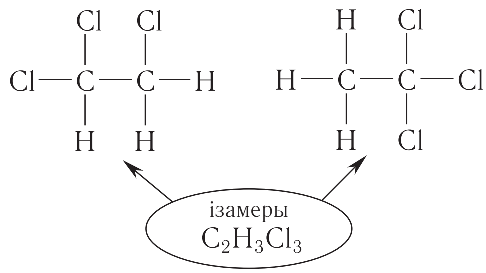
Пры гэтым побач з паказанай іанізацыяй адбываецца фрагментацыя (разрыў сувязей) іонаў, што ўтварыліся, на часціцы з няспаранымі электронамі (радыкалы) і дадатна зараджаныя фрагменты малекул. Іоны, якія ўтварыліся першапачаткова, і дадатна зараджаныя фрагменты падвяргаюцца дзеянню магнітнага поля, змяняючы якое можна змяніць траекторыю часціц у залежнасці ад масы іона. Вызначаючы такім чынам масы фрагментаў і першапачатковага іона, можна ўстанавіць будову малекулы і вызначыць яе адносную малекулярную масу.

Устанаўленне якаснага і колькаснага саставу, а затым малекулярнай формулы з'яўляецца неабходным этапам вывучэння рэчыва. Самая галоўная задача — устанаўленне **хімічнай будовы рэчыва**, г. зн. парадку злучэння атамаў у малекулах.

Сапраўды, калі ўстаноўлена малекулярная формула рэчыва, напрыклад такога, як $C_2H_3Cl_3$, якое існуе ў выглядзе двух структурных ізамераў, то яшчэ невядома, хімічная будова якога з іх адпавядае знойдзенай малекулярнай формуле:

[1] Малекулярны іон змяшчае адначасова няспараны электрон і дадатны зарад.

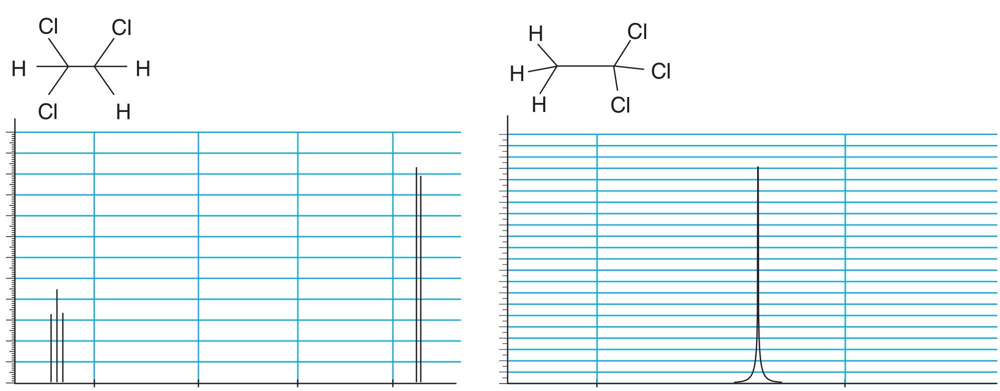
Мал. 5. Спектрометр ПМР



Хімічная будова арганічных малекул устанаўліваецца хімічнымі і фізічнымі метадамі. Сярод фізічных адным з важнейшых з'яўляецца *пратонны магнітны рэзананс* (ПМР). На малюнку 5 паказаны прыбор, на якім праводзяцца гэтыя даследаванні.

Ядры некаторых атамаў, напрыклад атамаў вадароду, маюць *магнітны момант (спін)*. Іншыя атамы, як, напрыклад, ${}^{12}_{6}C$, ${}^{16}_{8}O$, ${}^{35}_{17}Cl$, не маюць спіна, а значыць, і магнітнага моманту. У прысутнасці моцнага магнітнага поля энергіі, якія звязаны з вярчэннем ядзер вадароду па гадзіннікавай стрэлцы (спінавы стан I) і супраць яе (спінавы стан II), не аднолькавыя, г. зн. узнікае рознасць энергій ΔE. Калі цяпер на малекулу падзейнічаць выпраменьваннем з частатой, якая адпавядае энергіі ΔE, гэта выкліча паглынанне энергіі (рэзананс), і пачнуцца пераходы ядзер з аднаго спінавага стану ў другі. Паколькі электронная шчыльнасць вакол ядзер кожнага тыпу ўплывае на ΔE, то для дасягнення рэзанансу неабходны розныя частоты выпраменьвання. Таму, вывучаючы размеркаванне частот, неабходных для рэзанансу розных ядзер у малекуле, можна атрымліваць спектры, якія адлюстроўваюць структуру дадзенай малекулы.

На малюнку 6 прыведзены спектры ПМР двух розных арганічных рэчываў, якія маюць адну і тую ж малекулярную формулу $C_2H_3Cl_3$. Як відаць з прыведзеных даных, ізамеры маюць спектры, якія адрозніваюцца адзін ад аднаго. (Апісанне дадзенага метаду прыведзена толькі для ілюстрацыі, але не для запамінання.)



Мал. 6. Спектры ПМР 1,1,2-трыхлорэтану і 1,1,1-трыхлорэтану

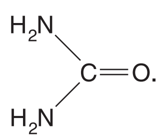
Арганічная хімія, у адрозненне ад многіх навуковых дысцыплін, мае унікальную асаблівасць: для яе характэрна вялікая разнастайнасць злучэнняў і іх хімічных уласцівасцей. Кожны год хімікі-арганікі вылучаюць з прыродных крыніц або сінтэзуюць некалькі соцень тысяч новых арганічных злучэнняў. Уся гэта велізарная работа вядзецца не для задавальнення зацікаўленасці вучоных, а для рашэння канкрэтных задач: падзелу на кампаненты складаных прыродных сумесей або сінтэзу індывідуальных злучэнняў, затым устанаўлення іх хімічнай і прасторавай будовы, рэакцыйнай здольнасці з мэтай іх практычнага выкарыстання.

Арганічная хімія вывучае састаў, будову, уласцівасці і прымяненне арганічных злучэнняў.

Хімічную будову арганічных злучэнняў устанаўліваюць хімічнымі і фізічнымі метадамі.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце назвы рэчываў, якія змяшчаюць атамы вугляроду, але не адносяцца да арганічных рэчываў.
2. Прывядзіце прыклады арганічных злучэнняў прыроднага паходжання.
3. Якім чынам вызначаецца якасны састаў арганічных рэчываў? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.
4. Вылічыце масавую долю вугляроду ў:

а) метане CH_4; б) этане C_2H_6; в) мачавіне .

5. Прывядзіце вядомыя вам метады ачысткі арганічных злучэнняў.
6. Прывядзіце прыклады экалагічных праблем, якія ўзнікаюць пры выкарыстанні арганічных злучэнняў.
7. На падставе якога метаду праводзіцца якаснае вызначэнне вугляроду і вадароду ў арганічных злучэннях? Прывядзіце схемы рэакцый вызначэння CO_2 і H_2O у парафіне, малекулярная формула якога $C_{12}H_{26}$.
8. Якімі фізіка-хімічнымі метадамі можна выявіць будову арганічных рэчываў?

§ 2. Тэорыя хімічнай будовы арганічных злучэнняў

Арганічныя рэчывы былі вядомы яшчэ ў далёкай старажытнасці. З даўніх часоў чалавек прымяняў экстракты з раслін для лячэння хвароб, а прыродныя фарбавальнікі — для афарбоўкі тканін. З тлушчу атрымлівалі мыла, а спосабы прыгатавання спіртных напіткаў і воцату ведалі многія народы.

Перыяд да XVIII ст. называюць *алхімічным*: алхімікі шукалі нейкі філасофскі камень, здольны ператварыць металы ў золата (**алхімія**) або вылечваць усе хваробы (**ятрахімія**). На працягу гэтага перыяду былі распрацаваны розныя лабараторныя прыборы, удасканалены метады ачысткі арганічных рэчываў (крышталізацыя, перагонка), расшырана практычнае выкарыстанне хіміі.

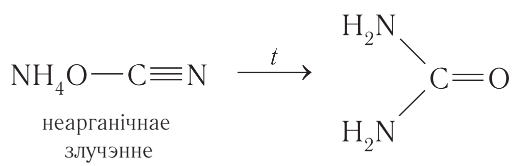
Фрыдрых Велер
(1800—1882)

Нямецкі хімік. Працаваў як у неарганічнай, так і ў арганічнай хіміі. Упершыню атрымаў прыроднае арганічнае злучэнне з неарганічных рэчываў.

Як асобная навука арганічная хімія сфарміравалася ў пачатку XIX ст., калі вучоныя пачалі сістэматычнае вывучэнне арганічных рэчываў, якія ў той час вылучаліся з жывых арганізмаў.

Спачатку лічылі, што арганічныя рэчывы можна атрымліваць толькі з аб'ектаў жывой прыроды пад уплывам асобай «жыццёвай сілы». Існавала нават вучэнне аб «жыццёвай сіле» — *віталізм*.

Доўгі час вучоныя-хімікі не маглі атрымаць арганічныя злучэнні з неарганічных рэчываў. Адным з першых такі сінтэз ажыццявіў нямецкі хімік Ф. Велер. У выніку ператварэння неарганічнага злучэння (цыянату амонію) ён атрымаў арганічнае — мачавіну:



неарганічнае злучэнне CH_4ON_2

арганічнае злучэнне CH_4ON_2

У наступныя гады сінтэзы арганічных злучэнняў з неарганічных ажыццявілі А. Кольбе, М. Бертла і А. Бутлераў.

К пачатку XIX ст. была праведзена вялікая колькасць даследаванняў, вылучана ў чыстым выглядзе і вывучана многа арганічных рэчываў, уваходзячых у састаў прадуктаў харчавання, арганізмаў раслін, жывёл і чалавека. Лік вывучаных рэчываў набліжаўся да некалькіх соцень, але ніякай сувязі паміж іх будовай і ўласцівасцямі ўстаноўлена не было. Тым не менш стала вядома, што ў састаў большасці арганічных рэчываў уваходзяць элементы вуглярод, вадарод, кісларод, а некаторыя з рэчываў змяшчаюць атамы азоту і інш.

У першай палове XIX ст., з ростам эксперыментальных даследаванняў, пачаўся працэс ператварэння арганічнай хіміі з навукі апісальнай у навуку, якая ім-

Аляксандр Міхайлавіч Бутлераў
(1828—1886)

Рускі хімік. Адзін са стваральнікаў тэорыі хімічнай будовы арганічных злучэнняў. Ажыццявіў першы сінтэз глюкозы з фармальдэгіду ў прысутнасці гідраксіду кальцыю.

кнецца ўскрыць сапраўдную сутнасць арганічных рэчываў, прычыны іх своеасаблівасці, заканамернасці пераватварэнняў.

На той час асноўным патрабаваннем пры даследаванні саставу любога рэчыва з'яўлялася не толькі яго раскладанне, але і атрыманне з больш простых рэчываў. Многія хімікі лічылі, што ў галіне сінтэзу арганічных рэчываў хімія абсалютна бяссільная.

Асабліва цяжка было ў многіх выпадках растлумачыць існаванне ізамерных злучэнняў і класіфікаваць іх. Адзіна разумнае тлумачэнне, якое можна было даць з'яве ізамерыі, гэта прызнаць, што малекулы ізамераў маюць розную будову. Тэрміны «будова», «структура» ўвёў рускі вучоны А. М. Бутлераў. Ён сцвярджаў, што ўсякае змяненне ў структуры малекул непазбежна цягне за сабой змяненне іх уласцівасцей.

На той час ужо ўзніклі сур'ёзныя прадпасылкі для стварэння тэорыі хімічнай будовы. Дзякуючы даследаванням А. Кольбе і А. Купера было паказана, што вуглярод з'яўляецца чатырохвалентным, а яго атамы здольныя злучацца адзін з адным з утварэннем устойлівых рэчываў. Нямецкі хімік А. Кекуле прапанаваў цыклічную будову малекулы бензолу.

А. М. Бутлераў заявіў аб сваёй працы ў час дакладу на з'ездзе нямецкіх прыродазнаўцаў у 1861 г.: «Здольнасць атамаў злучацца адзін з адным розная. Асабліва цікавы вуглярод, які, на думку Аўгуста Кекуле, з'яўляецца чатырохвалентным. Калі ўявіць валентнасць у выглядзе шчупальцаў, з дапамогай якіх атамы звязваюцца паміж сабой, то нельга не адзначыць, што спосаб сувязі адбіваецца на ўласцівасцях адпаведных злучэнняў».

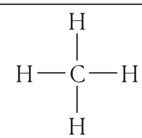
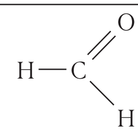
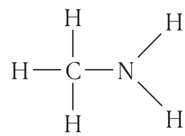
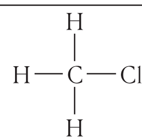
А. М. Бутлераў адзначыў, што, грунтуючыся на хімічных рэакцыях, характэрных для пэўнага рэчыва, можна даведацца аб сапраўднай хімічнай будове дадзенага рэчыва. Гэта магчыма, бо атамы ў малекуле ўздзейнічаюць адзін на аднаго, што праяўляецца не толькі ў фізічных, але і ў хімічных уласцівасцях.

Тэорыю хімічнай будовы арганічных злучэнняў можна коратка сфармуляваць у наступных асноўных палажэннях.

1. *Атамы ў малекулах арганічных рэчываў злучаюцца адзін з адным у пэўнай паслядоўнасці, згодна з іх валентнасцю.*

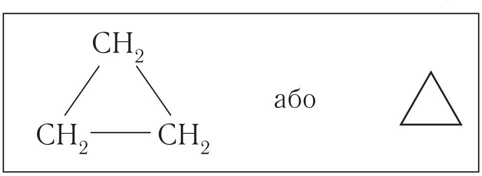
Валентнасць вугляроду ў малекулах арганічных злучэнняў заўсёды роўна 4, вадароду — 1, кіслароду — 2 (табл. 1).

Табліца 1. **Валентнасці некаторых атамаў элементаў у арганічных злучэннях**

Элемент	Валентнасць	Прасцейшае арганічнае злучэнне	Назва
Вуглярод Вадарод	4 1		Метан
Кіслярод	2		Метаналь (мурашыны альдэгід, фармальдэгід)
Азот	3		Метанамін (метыламін)
Галагены	1		Хлорметан

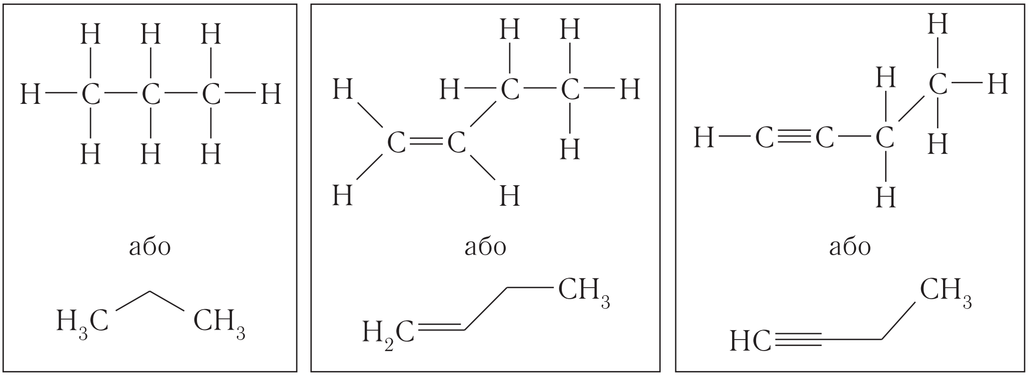
Паслядоўнасць злучэння атамаў у малекулах А. М. Бутлераў назваў *структурай* або *хімічнай будовай*. Звычайна шкілетам арганічных рэчываў з'яўляюцца атамы вугляроду. Яны злучаюцца адзін з адным, утвараючы *ланцугі (вугляродны шкілет)*. Вугляродныя ланцугі могуць быць *лінейныя* і *замкнутыя (цыклічныя)*. Для паказу будовы арганічных рэчываў выкарыстоўваюць структурныя формулы:

замкнуты ланцуг (цыкл) атамаў вугляроду



адзінарныя С—С-сувязі

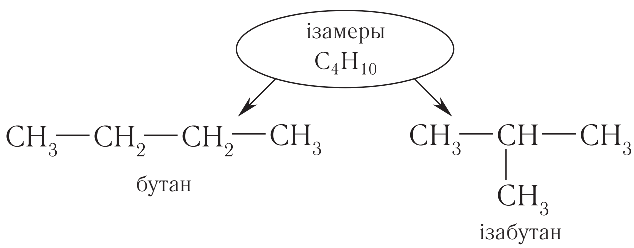
лінейныя ланцугі атамаў вугляроду



адзінарныя C—C-сувязі дваіная C═C-сувязь трайная C≡C-сувязь

2. *Уласцівасці рэчываў залежаць не толькі ад якаснага і колькаснага саставу, але і ад парадку злучэння атамаў у малекулах.*

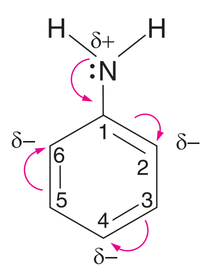
Існуюць рэчывы, якія маюць адколькавы састаў, але розную будову і з прычыны гэтага розныя ўласцівасці. Напрыклад, будову рэчываў саставу C_4H_{10} можна выразіць дзвюма структурнымі формуламі:



Рэчывы, якія маюць аднолькавы састаў, але розную будову, называюцца *ізамерамі*.

3. *У малекулах арганічных рэчываў атамы і групы атамаў узаемна ўплываюць адны на адных.*

Узаемны ўплыў фенільнай групы і амінагрупы ў малекуле аніліну адбіваецца на яго хімічных уласцівасцях. Пад уплывам бензольнага кольца непадзеленая электронная пара атама азоту NH_2-групы перакрываецца з π-электронным воблакам бензольнага кольца (мал. 7). Гэта прыводзіць да аслаблення асноўных уласцівасцей аніліну ў параўнанні з асноўнымі ўласцівасцямі метыламіну. Такое зрушэнне электроннай шчыльнасці ад атама кіслароду амінагрупы, у сваю чаргу, палягчае рэакцыі замяшчэння атама вадароду ў становішчах 2, 4, 6 бензольнага кольца.



Мал. 7. Зрушэнне электроннай шчыльнасці ў малекуле аніліну

Тэорыя хімічнай будовы арганічных рэчываў не з'яўляецца нязменным і дагматычным пастулатам. У цяперашні час, абапіраючыся на поспехі ў галіне вывучэння механізмаў хімічных рэакцый і фізіка-хімічных метадаў даследавання арганічных злучэнняў, тэорыя хімічнай будовы з'яўляецца фундаментам далейшага развіцця і паглыблення нашых уяўленняў у арганічнай хіміі.

Асноўныя напрамкі развіцця тэорыі хімічнай будовы на сучасным этапе:

• вывучэнне сувязі будовы і рэакцыйнай здольнасці арганічных злучэнняў метадамі квантавай хіміі;

• вывучэнне сувязі прасторавай будовы малекул і іх біялагічнай актыўнасці;

• вывучэнне механізмаў некавалентнага звязвання неарганічных і арганічных злучэнняў.

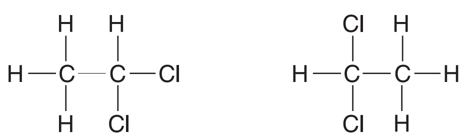
У малекулах арганічных злучэнняў атамы злучаюцца ў пэўнай паслядоўнасці ў адпаведнасці з іх валентнасцю.

Уласцівасці рэчываў залежаць не толькі ад якаснага і колькаснага саставу, але і ад парадку злучэння атамаў у малекулах.

Атамы і групы атамаў узаемна ўплываюць адны на адных.

Пытанні і заданні

1. Пералічыце прозвішчы вучоных, якія ўнеслі найбольшы ўклад у стварэнне і развіццё тэорыі хімічнай будовы арганічных злучэнняў.
2. Растлумачце сутнасць паняцця «хімічная будова рэчыва».
3. Назавіце валентнасці атамаў вугляроду і кіслароду ў арганічных злучэннях.
4. Пералічыце асноўныя палажэнні тэорыі хімічнай будовы.
5. Напішыце структурную формулу рэчыва з малекулярнай формулай $C_2H_4Cl_2$. Паспрабуйце напісаць структурную формулу ізамера гэтага рэчыва. Майце на ўвазе, што формулы такога віду



уяўляюць сабой відарыс аднаго і таго ж рэчыва.
6. Якія рэчывы ўтвараюцца пры згаранні арганічнага злучэння, формула якога C_2H_6O? Састаўце ўраўненне рэакцыі.
7. Састаўце структурныя формулы рэчываў лінейнай і цыклічнай будовы з адзінарнымі сувязямі, у малекулах якіх змяшчаецца пяць атамаў вугляроду.
8. Прывядзіце структурныя формулы ўсіх ізамераў з малекулярнай формулай C_3H_8O.

§ 3. Хімічныя сувязі ў арганічных злучэннях

Утварэнне хімічнай сувязі

Вы ўжо знаёміліся з тыпамі і спосабамі ўтварэння хімічнай сувязі, таму ў пачатку параграфа коратка паўторым асноўныя палажэнні.

Асноўным тыпам хімічнай сувязі ў арганічных злучэннях з'яўляецца **кавалентная сувязь**.

Кавалентная сувязь у неарганічных і арганічных злучэннях узнікае ў выніку абагулення электронаў з утварэннем агульных электронных пар паміж двума атамамі. Размеркаванне электроннай шчыльнасці пры **перакрыванні** *s*-арбіталей і ўтварэнні кавалентнай сувязі ў **малекуле вадароду** паказана на малюнку 8.

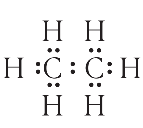
Пры збліжэнні двух атамаў вадароду і ўтварэнні паміж імі хімічнай сувязі сіла адштурхвання ядзер памяншаецца, паколькі іх падзяляе вобласць з павышанай верагоднасцю знаходжання электронаў. Узнікаюць электрастатычныя сілы, якія ўтрымліваюць ядры на пэўнай адлегласці адно ад аднаго за кошт кулонаўскага ўзаемадзеяння дадатна зараджаных ядзер і адмоўна зараджанага электроннага воблака ў міжядзернай вобласці.

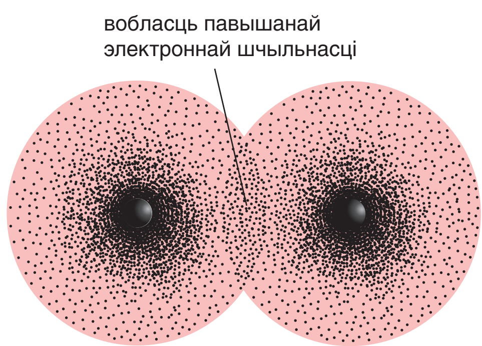
! Электронная пара хімічнай сувязі, якая ўтварылася, належыць адначасова абодвум ядрам.

Аналагічна ўтварэнню сувязі ў малекуле вадароду адбываецца ўтварэнне сувязей у арганічных злучэннях, напрыклад у малекуле этану. Утварэнне сувязі паміж атамамі вугляроду адбываецца пры перакрыванні атамных арбіталей, якое адбываецца ўздоўж міжядзернай восі, што праходзіць праз цэнтры двух атамаў (мал. 9). Такога тыпу сувязі ў арганічных злучэннях называюцца **σ-сувязямі**.

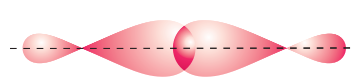
Асаблівасцю σ-сувязі з'яўляецца не толькі электронная шчыльнасць у вобласці паміж двума ядрамі, але і яе цыліндрычная сіметрыя адносна міжядзернай восі.

Абагуленую пару электронаў кавалентнай сувязі C—C паказваюць дзвюма кропкамі ў *электроннай* формуле. Напрыклад, электронная формула малекулы этану:

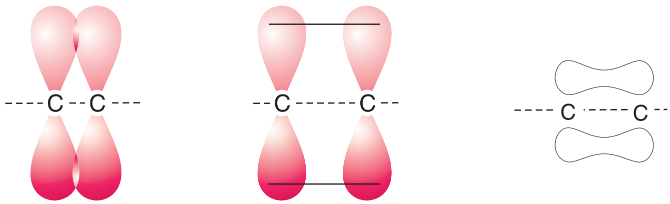




Мал. 8. Схема перакрывання *s*-арбіталей

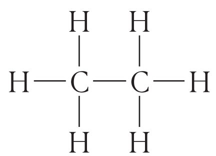


Мал. 9. Схематычны паказ σ-сувязі



Мал. 10. Розныя спосабы схематычнага паказу π-сувязі

У *графічнай* формуле этану хімічную сувязь паміж двума атамамі вугляроду паказваюць рысачкай:



$H_3C—CH_3$ $CH_3—CH_3$

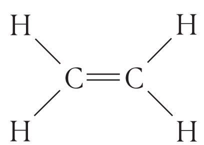
Для спрашчэння графічных формул хімічную сувязь паміж атамамі вугляроду часта не паказваюць.

Другі тып хімічнай сувязі — **π-сувязь** (мал. 10), якая ўтвараецца за кошт бакавога перакрывання *p*-арбіталей.

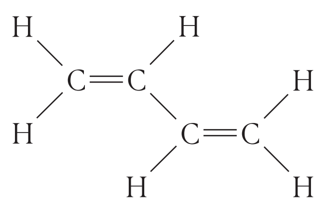
Электроннае воблака π-сувязі размешчана па розныя бакі ад плоскасці, у якой размешчана σ-сувязь.

π-Сувязь утвараецца паміж атамамі, ужо звязанымі σ-сувяззю, таму сувязь такога тыпу называецца *двайной*, і такія сувязі характарызуюцца павышанай электроннай шчыльнасцю.

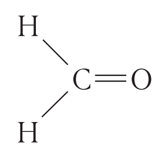
Двайныя сувязі існуюць у *алкенах*, *дыенах*, а таксама ў *карбанільных злучэннях*:



этылен



бутадыен-1,3



фармальдэгід

Утварэнне π-сувязей назіраецца і ў малекулах, якія змяшчаюць бензольныя кольцы.

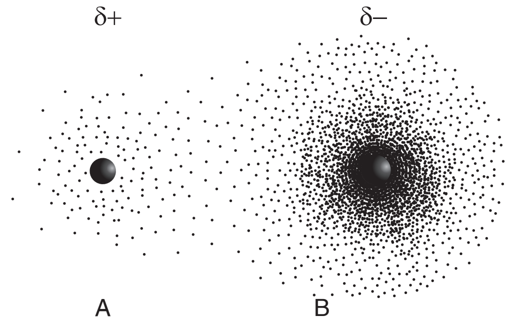
Існуюць таксама арганічныя злучэнні, у малекулах якіх паміж суседнімі атамамі існуе адна σ-сувязь і дзве π-сувязі. Сувязь такога тыпу, напрыклад у малекуле ацэтылену, называецца трайной:

$$H—C\equiv C—H$$

ацэтылен

Утварэнне трайной сувязі і хімічных сувязей у малекуле бензолу будзе разгледжана пазней у адпаведных параграфах.

Калі кавалентная сувязь утвараецца паміж аднолькавымі атамамі, напрыклад паміж атамамі вугляроду ў малекуле этану, верагоднасць знаходжання электроннай пары ў вобласці прасторы паміж ядрамі прыблізна аднолькавая для кожнага з гэтых атамаў. Кавалентная сувязь, якая ўтвараецца, называецца **непалярнай**.



Мал. 11. Схематычны паказ палярнай сувязі

Калі сувязь утворана паміж атамамі рознай электраадмоўнасці (A—**B**) (мал. 11), то электронная шчыльнасць зрушваецца ў бок атама з большай электраадмоўнасцю (атам **B**). Кавалентную сувязь такога тыпу называюць **палярнай**. Атам **B** набывае частковы адмоўны зарад δ–, а атам A — частковы дадатны зарад δ+, пры гэтым малекула застаецца электранейтральнай. Большай электраадмоўнасцю ў параўнанні з вугляродам валодаюць, напрыклад, атамы азоту, кіслароду і фтору (табл. 2).

Табліца 2. **Адносныя электраадмоўнасці некаторых элементаў**

Элемент	H	C	N	O	F	Cl	Br
Велічыня	2,10	2,50	3,07	3,50	4,10	2,83	2,74

Палярнасць кавалентнай сувязі з'яўляецца толькі адной з многіх прычын нераўнамернага размеркавання электроннай шчыльнасці ў арганічных злучэннях. Уплыў атамаў (або груп атамаў) на размеркаванне электроннай шчыльнасці можа праяўляцца ў выглядзе *электронных эфектаў*.

Для арганічных злучэнняў характэрны ў асноўным кавалентныя хімічныя сувязі. Электронная пара хімічнай сувязі належыць адначасова абодвум ядрам.

У арганічных злучэннях існуюць σ- і π-сувязі.

Пытанні і заданні

1. Складзіце электронную формулу малекулы этану.
2. Ахарактарызуйце тыпы хімічных сувязей у малекулах метану і этэну (этылену).
3. Назавіце асноўнае адрозненне σ- і π-сувязі.
4. Прывядзіце два прыклады арганічных злучэнняў (структурныя формулы і назвы), якія змяшчаюць адзінарныя C—C-сувязі.

5. Складзіце структурную формулу арганічнага злучэння з малекулярнай формулай C_4H_{10}. (Калі зможаце намаляваць структурную формулу ізамера, радуйцеся сваім поспехам у арганічнай хіміі.)

6. Прывядзіце два прыклады арганічных злучэнняў (структурныя формулы), якія змяшчаюць двайныя сувязі.

7. Прывядзіце прыклад арганічнага злучэння (структурную формулу) з трайной сувяззю.

8. Прывядзіце прыклады арганічных злучэнняў з палярнымі і непалярнымі кавалентнымі сувязямі.

§ 4. Класіфікацыя арганічных злучэнняў і асаблівасці іх рэакцый

Класіфікацыя арганічных злучэнняў

Арганічныя злучэнні ў залежнасці ад будовы вугляроднага ланцуга можна класіфікаваць на *аліфатычныя* (*ацыклічныя*) і *цыклічныя* (мал. 12).

Да аліфатычных адносяцца арганічныя злучэнні з адкрытым ланцугом атамаў, часцей за ўсё атамаў вугляроду, аднак у ланцугу могуць быць атамы іншых элементаў. Напрыклад, разгледзьце скарочаныя структурныя формулы прадстаўнікоў розных класаў аліфатычных злучэнняў:

$$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$$

бутан

$$CH_3—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_2—CH═CH_2$$

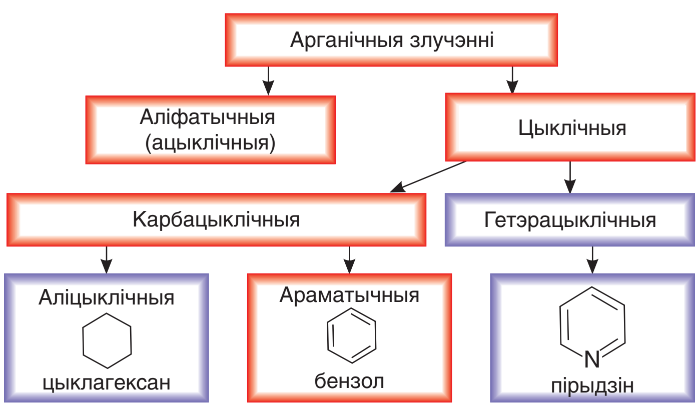
4-метылпентэн-1

$$CH_2═CH—CH_2—CH_2OH$$

бутэн-3-ол-1

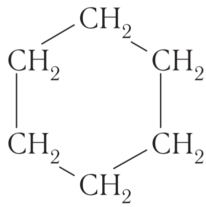
$$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—Cl$$

1-хлорпентан

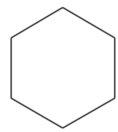


Мал. 12. Класіфікацыя арганічных злучэнняў

Цыклічныя злучэнні падзяляюцца на *карбацыклічныя* і *гетэрацыклічныя*. У карбацыклічных злучэннях вугляродны шкілет пабудаваны толькі з атамаў вуглероду. Карбацыклічныя, у сваю чаргу, падраздзяляюцца на *аліцыклічныя*, напрыклад цыклагексан:

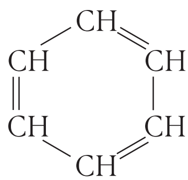


або

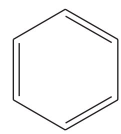


,

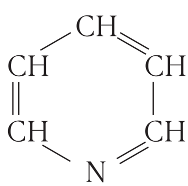
і *араматычныя* злучэнні, напрыклад бензол:



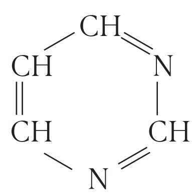
або



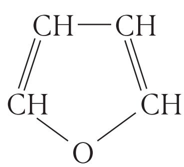
У гетэрацыклічных злучэннях у цыкле замест атамаў вугляроду могуць знаходзіцца адзін або некалькі атамаў іншых элементаў (гетэраатамаў). Напрыклад, гетэрацыклічныя злучэнні, якія змяшчаюць у цыклах атамы азоту, кіслароду і серы:



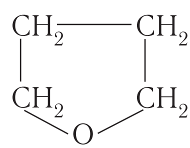
пірыдзін



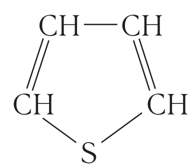
пірымідзін



фуран



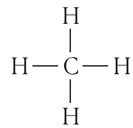
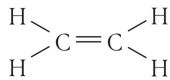
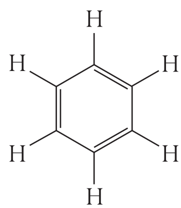
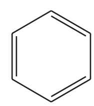
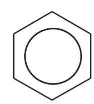
тэтрагідрафуран



тыяфен

У залежнасці ад наяўнасці функцыянальных груп арганічныя злучэнні можна класіфікаваць на *вуглевадароды* і *функцыянальныя вытворныя вуглевадародаў*. Вуглевадароды, якія з’яўляюцца роданачальнікамі ўсіх арганічных злучэнняў, падраздзяляюцца на асобныя класы (табл. 3).

Табліца 3. **Класіфікацыя вуглевадародаў**

Назва класа	Прасцейшы прадстаўнік	
	Структурная формула	Назва[1]
Алканы		Метан
Алкены	 або $H_2C{=}CH_2$	Этэн (этылен)
Дыены	$H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$	Бутадыен-1,3
Алкіны	$H{-}C{\equiv}C{-}H$ або $HC{\equiv}CH$	Этын (ацэтылен)
Араматычныя вуглевадароды	 або  або 	Бензол

У залежнасці ад тыпу хімічнай сувязі паміж атамамі вугляроду злучэнні падзяляцца на *насычаныя*, *ненасычаныя* і *араматычныя*.

Напрыклад, вуглевадароды, якія маюць у вугляродным ланцугу толькі адзінарныя сувязі, называюцца насычанымі. Да іх адносяцца алканы і цыклаалканы. Вуглевадароды, якія маюць у саставе малекул двайныя або трайныя (кратныя) сувязі, называюцца ненасычанымі: алкены, алкіны, дыены.

Злучэнні, якія змяшчаюць функцыянальныя групы, прыведзены ў табліцы 4.

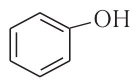
Функцыянальная група — гэта атам або група атамаў, якія вызначаюць прыналежнасць і характэрныя хімічныя ўласцівасці дадзенага класа арганічных злучэнняў.

Хімічныя сувязі і рэакцыйная здольнасць арганічных злучэнняў

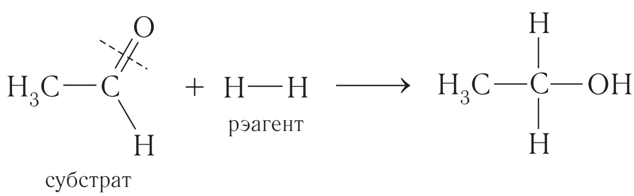
Узнікае пытанне: па якіх фрагментах малекулы дадзенага арганічнага рэчыва будзе ісці хімічная рэакцыя? Адказ часцей за ўсё адназначны: у малекулах арганічных злучэнняў хімічныя ўласцівасці (рэакцыйную здольнасць) вызначае **функ-**

[1] Назвы дадзены па міжнароднай наменклатуры (у дужках — трывіяльныя назвы).

Табліца 4. **Класіфікацыя злучэнняў з функцыянальнымі групамі**

Назва класа	Прасцейшы прадстаўнік			
	Формула	Назва	Функцыянальная група	Назва групы
Спірты	H_3C-OH	Метанол	$-OH$	Гідраксільная
Фенолы		Фенол	$-OH$	Гідраксільная
Альдэгіды	$H-C(=O)-H$	Метаналь (мурашыны альдэгід, фармальдэгід)	$-C(=O)-H$	Альдэгідная
Карбонавыя кіслоты	$H-C(=O)-OH$	Метанавая (мурашыная) кіслата	$-C(=O)-OH$	Карбаксільная
Аміны	H_3C-NH_2	Метанамін (метыламін)	$-NH_2$	Аміна
Амінакіслоты	H_2NCH_2-COOH	Гліцын (амінавоцатная кіслата)	$-NH_2$ $-COOH$	Аміна Карбаксільная

цыянальная група. Напрыклад, у выпадку карбанільных злучэнняў адбываецца разрыў двайной сувязі:



разрыў сувязі ў функцыянальнай групе

У больш складаных выпадках, напрыклад пры наяўнасці некалькіх функцыянальных груп, месца разрыву сувязей можа вызначаць не толькі субстрат, але і рэагент, а таксама каталізатар.

Вельмі важна разумець, як і чаму функцыянальная група ўдзельнічае ў той ці іншай рэакцыі. У большасці выпадкаў утварэнне новых хімічных сувязей вызначаюць электрастатычныя ўзаемадзеянні, напрыклад, паміж групамі атамаў з адмоўным зарадам і атамамі малекул, якія маюць частковы дадатны зарад.

Групы атамаў, якія валодаюць адмоўным зарадам, утвараюць новую хімічную сувязь з атамамі малекул, на якіх ёсць частковы дадатны зарад.

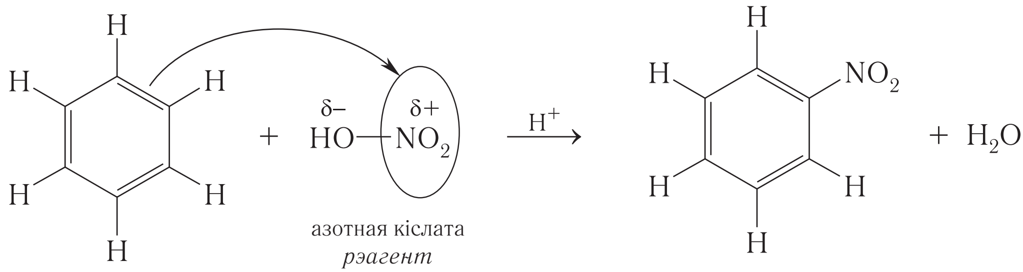
Разгледзім у якасці прыкладу ўзаемадзеянне галагеналканаў з воднымі растворамі шчолачаў. Пры рэакцыі паміж хлорэтанам і гідраксідам натрыю ўтвараецца этанол:

$$\underset{\text{хлорэтан}}{CH_3-\overset{\delta+}{C}H_2-\overset{\delta-}{Cl}} + \overset{+}{Na}\overset{-}{OH} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{этанол}}{CH_3-CH_2-OH} + NaCl$$

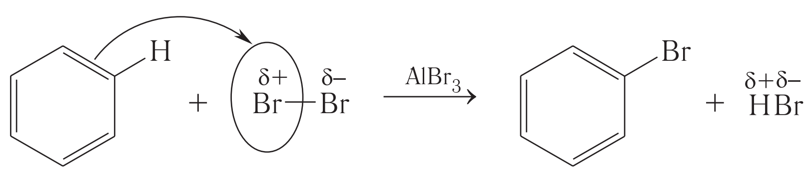
У дадзеным прыкладзе група атамаў з адмоўным зарадам (OH^-) утварае новую хімічную сувязь з атамам вугляроду, які мае частковы дадатны зарад, што прыводзіць да разрыву сувязі C—Cl.

Араматычныя злучэнні характарызуюцца павышанай электроннай шчыльнасцю араматычнага кольца, і таму рэакцыі замяшчэння атамаў вадароду кольца праходзяць з удзелам часціц з дадатным зарадам.

Напрыклад:



бензол *субстрат* + азотная кіслата *рэагент* → нітрабензол



бензол *субстрат* + бром *рэагент* → бромбензол

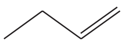
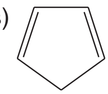
Арганічныя злучэнні ў залежнасці ад будовы вугляроднага ланцуга можна падзяліць на вуглевадароды і іх функцыянальныя вытворныя.

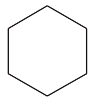
Пры хімічных рэакцыях разрыў старых і ўтварэнне новых сувязей вызначаюцца электрастатычнымі ўзаемадзеяннямі.

Пытанні і заданні

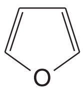
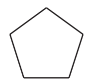
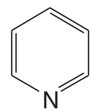
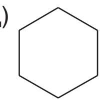
1. На падставе якіх прымет класіфікуюць арганічныя злучэнні?

2. Якія з прыведзеных ніжэй арганічных злучэнняў адносяцца да ацыклічных арганічных злучэнняў?

а)  б) в) 

г) $H_3C—CH_3$ д) 

3. Выберыце з прыведзеных формул тыя, якія адносяцца да карбацыклічных арганічных злучэнняў:

а)  б) $H_3C—CH_3$ в)  г)  д) 

4. Прывядзіце азначэнне функцыянальнай групы.

5. Выпішыце ў сшытак усе вядомыя вам функцыянальныя групы і іх назвы.

6. Пакажыце зрушэнне электроннай шчыльнасці і зарады, што ўзнікаюць, у малекулах наступных злучэнняў: а) CH_3Br; б) CH_3CH_2OH; в) H_2SO_4; г) Cl_2.

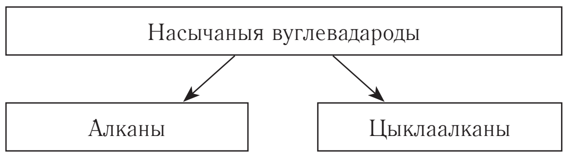
7. Прапануйце структурную формулу прадукту ўзаемадзеяння сернай кіслаты з бензолам. (Калі ў структурнай формуле канечнага прадукту ёсць сувязь C—S, павіншуйце сябе з поспехамі ў вывучэнні арганічнай хіміі.)

8. Пакажыце структурную формулу малекулы пірыдзіну, які, як і бензол, адносіцца да араматычных злучэнняў.

Раздзел 2
Насычаныя вуглевадароды

Насычанымі вуглевадародамі называюцца арганічныя злучэнні, у саставе малекул якіх знаходзяцца атамы вугляроду і вадароду і змяшчаюцца толькі адзінарныя C—C-сувязі.

Да насычаных адносяцца вуглевадароды *ацыклічнай* (незамкнутыя ланцугі атамаў вугляроду) і *цыклічнай* (замкнутыя ланцугі) будовы.



§ 5. Алканы. Будова алканаў

Агульная назва вуглевадародаў ацыклічнага рада па наменклатуры ІЮПАК[1] — **алканы.** Да алканаў адносяцца вуглевадароды ацыклічнай будовы, якія змяшчаюць толькі адзінарныя C—C-сувязі.

Алканы ў прыродзе

Насычаны вуглевадарод, які найбольш часта сустракаецца ў прыродных умовах, — гэта **метан**. Метан — бясколерны газ, які не мае паху, лягчэйшы за паветра. Метан утвараецца ў прыродных умовах пры раскладанні без доступу паветра рэштак раслінных і жывёльных арганізмаў. У невялікіх колькасцях вылучаецца ў забалочаных вадаёмах, адсюль і другая яго назва — *балотны газ*. У значных колькасцях метан разам з этанам, прапанам і бутанам змяшчаецца ў спадарожных газах пры здабычы нафты, а таксама ў вугальных пластах. Самая вялікая колькасць метану — у прыродным газе (можа дасягаць 95 %). Другой крыніцай алканаў з'яўляецца нафта.

Вышэйшыя алканы (больш за дзесяць атамаў вугляроду) уваходзяць у састаў пчалінага воску, васковых пакрыццяў лістоў, пладоў і насення раслін. У вялікіх колькасцях высокамалекулярныя цвёрдыя вуглевадароды сустракаюцца ў прыродзе у выглядзе *азакерыту* (змяшчальнасць яго ў пясках і вапняках складае ад 4 да 16 %).

Будова

Насычаныя вуглевадароды ўтвараюць рад, у якім любы член рада адрозніваецца ад другога на адну або некалькі груп атамаў **—CH_2—**, якая называецца **гамалагіч-**

[1] ІЮПАК (англ. IUPAC) — Міжнародны саюз чыстай і прыкладной хіміі.

най рознасцю. Такі рад вуглевадародаў называецца **гамалагічным**, а яго члены — **гамолагамі**. Напрыклад, гамалагічны рад насычаных вуглевадародаў ад C_1 да C_5:

CH_4 — метан; $H_3C—CH_3$ — этан; $H_3C—CH_2—CH_3$ — прапан

$H_3C—CH_2—CH_2—CH_3$ — бутан; $H_3C—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$ — пентан

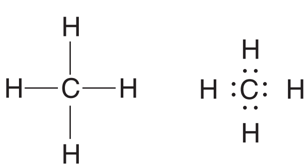
Састаў злучэнняў гамалагічнага рада насычаных вуглевадародаў можна выразіць агульнай формулай $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$. Літара *n* паказвае лік атамаў вугляроду, якія змяшчаецца ў малекуле канкрэтнага вуглевадароду. Напрыклад, у малекуле гексану змяшчаецца шэсць атамаў вугляроду. Значыць, малекулярная формула гексану C_6H_{14}.

Агульная формула алканаў $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$.

Электронную і прасторавую будову насычаных вуглевадародаў разгледзім спачатку на прыкладзе метану. Малекулярная формула метану CH_4. Кавалентныя сувязі паміж атамам вугляроду і атамамі вадароду з'яўляюцца раўназначнымі і ажыццяўляюцца агульнымі для гэтых атамаў электроннымі парамі. Кожная хімічная сувязь, якая ўмоўна паказваецца рысачкай пры запісе структурнай формулы, сімвалізуе пару электронаў (мал. 13, *а*).

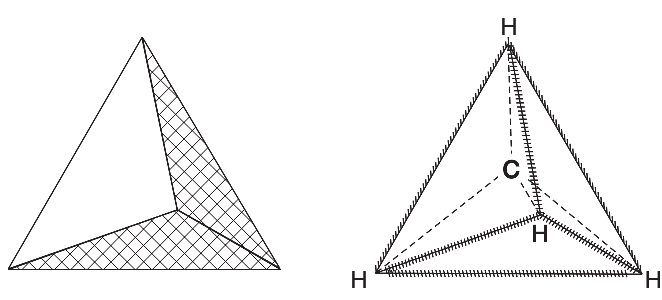
У электроннай формуле метану (мал. 13, *б*) валентныя звязваючыя электроны паказаны ў выглядзе кропак. У атама вугляроду на знешнім энергетычным узроўні знаходзіцца восем электронаў (актэт), а ў кожнага атама вадароду — два электроны.

Прыведзеная вышэй структурная формула не адлюстроўвае прасторавую будову малекулы метану. Устаноўлена, што малекула метану мае *тэтраэдрычную будову*. Калі ўявіць атам вугляроду ў цэнтры правільнага тэтраэдра і правесці восі (паказаны пункцірнымі лініямі) па месцы павышанай электроннай шчыльнасці сувязей C—H, то яны будуць накіраваны да вяршынь тэтраэдра (мал. 14), у якіх знаходзяцца атамы вадароду. **Валентныя вуглы** сувязей у гэтым выпадку аказваюцца роўныя **109°28′**, што пацвярджаецца эксперыментальнымі данымі.



а *б*

Мал. 13. Графічная (*а*) і электронная (*б*) формулы малекулы метану

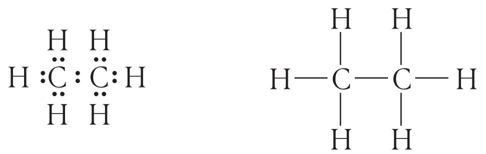


Мал. 14. Тэтраэдрычная будова малекулы метану

Тэтраэдрычнае размяшчэнне сувязей абумоўлена мінімальным узаемным адштурхваннем электронных воблакаў сувязей С—Н.

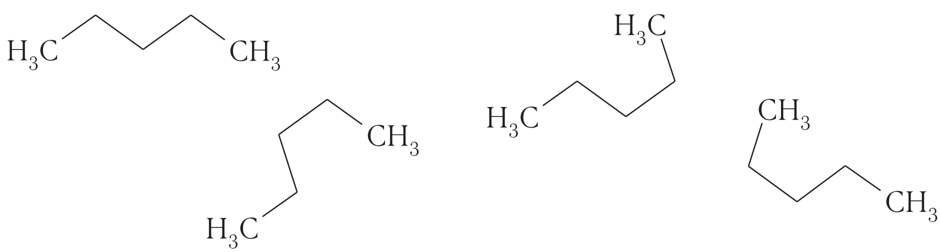
Шарастрыжнёвая і маштабная мадэлі малекулы метану прыведзены на малюнку 15.

Электронная будова іншых насычаных вуглевадародаў падобная да электроннай будовы метану. Напрыклад, электронная і структурная формулы этану:

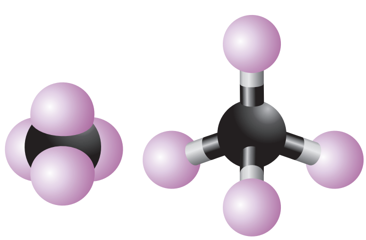


Прасторавую будову гамолагаў метану разгледзім на прыкладзе малекулы прапану. Паколькі вуглы паміж хімічнымі сувязямі ў насычаных вуглевадародаў роўны прыблізна 109°, то, пачынаючы з малекулы прапану, атамы вугляроду рэальна размешчаны не па прамой лініі, а зігзагападобна (мал. 16).

Асаблівасцю адзінарнай сувязі паміж атамамі вугляроду з’яўляецца магчымасць свабоднага вярчэння атамаў або груп атамаў вакол гэтай сувязі. Таму вугляродны ланцуг алканаў можа прымаць розную форму (у выглядзе шкілета сувязей):

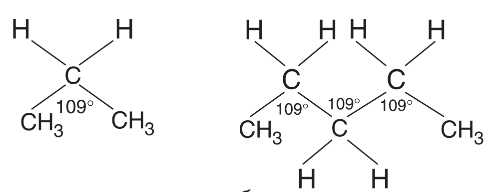


Даўжыня вуглярод-вугляроднай С—С-сувязі ў малекулах алканаў роўна 0,154 нм.



а *б*

Мал. 15. Маштабная (*а*) і шарастрыжнёвая (*б*) мадэлі малекулы метану



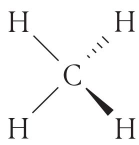
а *б*

Мал. 16. Схема прасторавай будовы гамолагаў метану: *а* — прапану; *б* — пентану

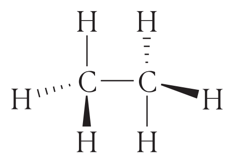
Даўжыня C—C-сувязі 0,154 нм.

Тэтраэдрычнае размяшчэнне сувязей вакол атама вугляроду ў малекуле метану характэрна і для сувязей у малекулах іншых алканаў.

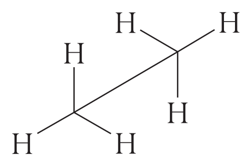
У арганічнай хіміі прасторавую будову малекул арганічных злучэнняў часам выяўляюць асобым чынам, як гэта паказана на прыкладзе малекул метану і этану:



метан



або



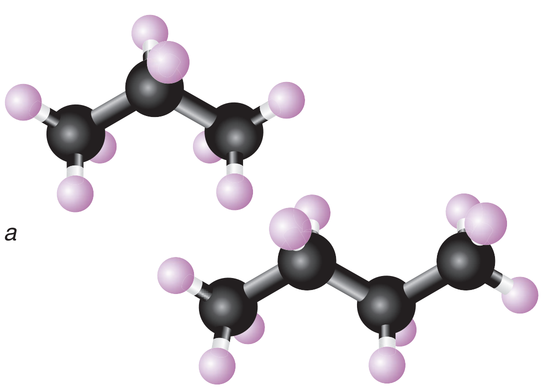
этан

Пры прасторавым паказе сувязей у малекуле метану ў адной плоскасці размяшчаюць два атамы вадароду і атам вугляроду (сувязі паказаны звычайнымі лініямі). Два атамы вадароду, якія засталіся, не могуць знаходзіцца ў гэтай плоскасці. Цёмны клін ◀ азначае сувязі, якія выступаюць над плоскасцю малюнка і накіраваны ў бок чытача, а штрыхаваны — ⋯ — сувязі, якія выходзяць за плоскасць малюнка.

Шарастрыжнёвыя і маштабныя мадэлі малекул некаторых насычаных вуглевадародаў паказаны на малюнках 17 і 18.

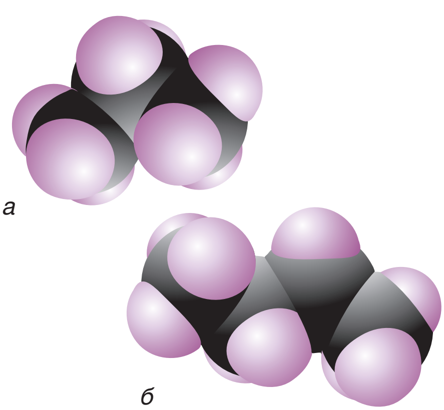
Агульная формула насычаных вуглевадародаў C_nH_{2n+2}. Даўжыня C—C-сувязі роўна 0,154 нм.

Для метану і яго гамолагаў характэрна тэтраэдрычнае размяшчэнне сувязей вакол атамаў вугляроду.



а *б*

Мал. 17. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул прапану (*а*) і бутану (*б*)

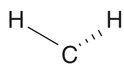


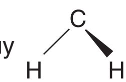
а *б*

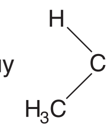
Мал. 18. Маштабныя мадэлі малекул прапану (*а*) і бутану (*б*)

Пытанні і заданні

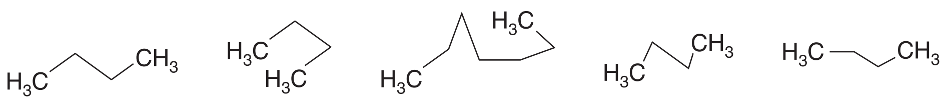
1. Дзе ў прыродных умовах сустракаецца метан?
2. Складзіце электронную формулу малекулы метану.
3. Састаўце скарочаныя структурныя формулы членаў гамалагічнага рада метану ад C_2 да C_4.
4. Вызначце лік σ-сувязей у малекуле прапану.
5. Прывядзіце агульную формулу алканаў і напішыце структурную формулу злучэння, якое змяшчае пяць атамаў вугляроду.
6. Намалюйце прасторавую будову наступных злучэнняў, дадаўшы неабходныя фрагменты:

а) метану 

б) этану 

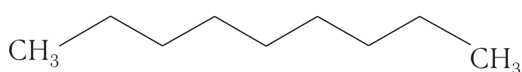
в) прапану 

7. Вылічыце масавую долю вугляроду ў малекуле бутану C_4H_{10}.
8. Вызначце лік арганічных рэчываў, шкілетныя формулы якіх паказаны:



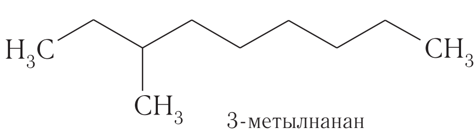
§ 6. Наменклатура алканаў

Насычаныя вуглевадароды могуць мець неразгалінаваныя ланцугі атамаў вугляроду:

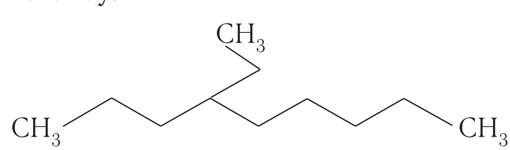


нанан

або разгалінаваныя ланцугі вугляродных атамаў:



3-метылнанан



4-этылнанан

Сістэматычныя назвы насычаных вуглевадародаў з неразгалінаваным ланцугом вугляродных атамаў па наменклатуры ІЮПАК утвараюцца прыбаўленнем суфікса **-ан** да грэчаскіх назваў лікаў, якія паказваюць лік атамаў вугляроду ў саставе малекул алкану (табл. 5).

Трывіяльныя назвы алканаў: з адным атамам вугляроду — **метан**, двума — **этан**, трыма — **прапан** і чатырма — **бутан** — не ўтвораны з грэчаскіх назваў

лікаў. Аднак гэтыя алканы маюць канчатак **-ан**, і таму іх адносяць да паўсістэматычных назваў.

Групы атамаў, напрыклад CH_3— або CH_3CH_2— і г. д., у арганічнай хіміі маюць назвы, утвораныя з назваў адпаведных алканаў. Назвы такіх груп утвараюцца заменай суфікса **-ан** зыходнага алкану на суфікс **-іл**. Іх агульная назва — **алкільныя групы**, раней іх называлі *алкільнымі радыкаламі* або проста *радыкаламі*.

Прыклады назваў некаторых алкільных груп прыведзены ў табліцы 6.

Назвы алкільных груп «прапіл» (C_3) або «бутыл» (C_4) абазначаюць групу атамаў з **неразгалінаваным ланцугом** атамаў вугляроду.

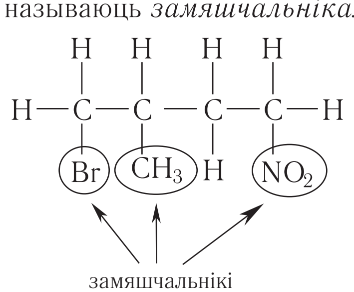
Табліца 5. **Назвы некаторых алканаў**

Алкан	Малекулярная формула	Назва
CH_4	CH_4	Метан
CH_3CH_3	C_2H_6	Этан
$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_8	Прапан
$CH_3(CH_2)_2CH_3$	C_4H_{10}	Бутан
$CH_3(CH_2)_3CH_3$	C_5H_{12}	Пент**ан**
$CH_3(CH_2)_4CH_3$	C_6H_{14}	Гекс**ан**
$CH_3(CH_2)_5CH_3$	C_7H_{16}	Гепт**ан**
$CH_3(CH_2)_6CH_3$	C_8H_{18}	Акт**ан**
$CH_3(CH_2)_7CH_3$	C_9H_{20}	Нан**ан**
$CH_3(CH_2)_8CH_3$	$C_{10}H_{22}$	Дэк**ан**

Табліца 6. **Назвы некаторых алкільных груп**

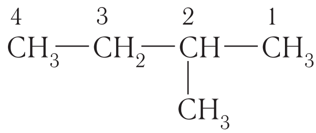
Вуглевадарод	Назва	Група атамаў як частка малекулы	Назва
CH_4	Метан	CH_3—	Метыл
CH_3CH_3	Этан	C_2H_5—	Этыл
$CH_3CH_2CH_3$	Прапан	$CH_3CH_2CH_2$—	Прапіл
		$H_3C—\underset{\mid}{CH}—CH_3$	Ізапрапіл

Злучэнні з **разгалінаваным ланцугом** вугляродных атамаў разглядаюцца як вытворныя вуглевадароду з неразгалінаваным ланцугом. У ланцугу атамаў вугляроду замест атамаў вадароду могуць знаходзіцца алкільныя групы, атамы галагенаў або нітрагрупа. Іх называюць *замяшчальнікамі*.

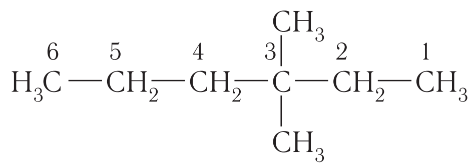


Аснову назвы такіх злучэнняў вызначае найбольш доўгі ланцуг атамаў вугляроду, які ў выпадку аднаго-двух замяшчальнікаў нумаруюць арабскімі лічбамі, пачынаючы з таго канца, бліжэй да якога знаходзіцца замяшчальнік.

Напрыклад:

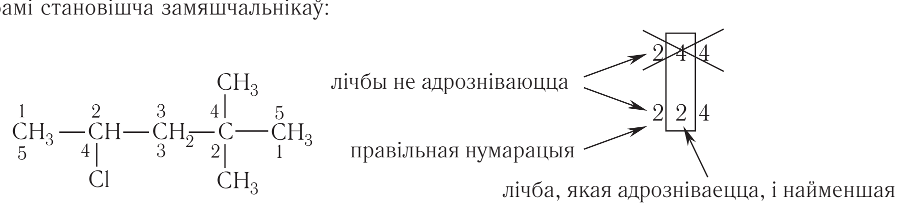


2-метылбутан



3,3-дыметылгексан

Пры вялікай колькасці замяшчальнікаў для складання правільнай назвы робяць так: нумаруюць самы доўгі ланцуг справа налева і злева направа, абазначаючы кожны раз лічбамі становішча замяшчальнікаў:

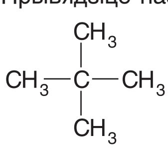
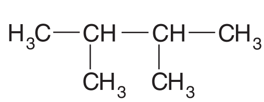
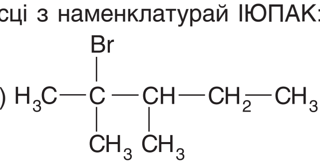


Пры параўнанні становішчаў замяшчальнікаў у абедзвюх камбінацыях перавага аддаецца той, у якой першая лічба, што адрозніваецца, з'яўляецца найменшай. Такім чынам, правільнай назвай вуглевадароду, што разглядаецца, з'яўляецца 2,2-дыметыл-4-хлорпентан. Звярніце ўвагу, што замяшчальнікі прыводзяцца ў алфавітным парадку па першай літары іх назваў (прэфіксы «ды», «тры» і інш. не ўлічваюцца).

Аснову назвы алканаў з разгалінаваным ланцугом вызначае найбольш доўгі ланцуг атамаў вугляроду, які ў найпрасцейшым выпадку нумаруюць арабскімі літарамі, пачынаючы з таго канца, бліжэй да якога знаходзіцца замяшчальнік або група замяшчальнікаў.

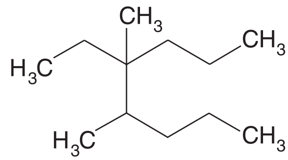
Пытанні і заданні

1. Прывядзіце назвы алканаў, якія змяшчаюць адзін, два, тры і чатыры атамы вугляроду.
2. Прывядзіце назвы алкільных груп з адным ці двума атамамі вугляроду.
3. Прывядзіце назвы наступных злучэнняў у адпаведнасці з наменклатурай ІЮПАК:

а)  б)  в) 

4. Напішыце структурныя формулы наступных алканаў: а) 2-метылбутану; б) 2,2,4-трыметылпентану; в) 2-метыл-3-этылгексану.
5. Вызначце малекулярную формулу алкану, калі яго малярная маса 86 г/моль.

6. Прыведзена структурная формула арганічнага злучэння:



Укажыце даўжэйшы ланцуг атамаў вугляроду.

7. Вылічыце аб'ём паветра, неабходны для спальвання метану аб'ёмам (н. у.) 30 дм³.

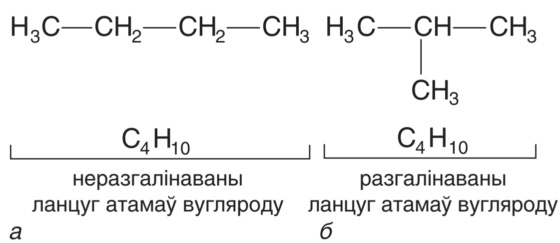
§ 7. Ізамерыя і фізічныя ўласцівасці алканаў

Ізамерыя

Для арганічнай хіміі характэрна як разнастайнасць злучэнняў, так і разнастайнасць іх уласцівасцей. Адной з прычын гэтага з'яўляецца *ізамерыя*.

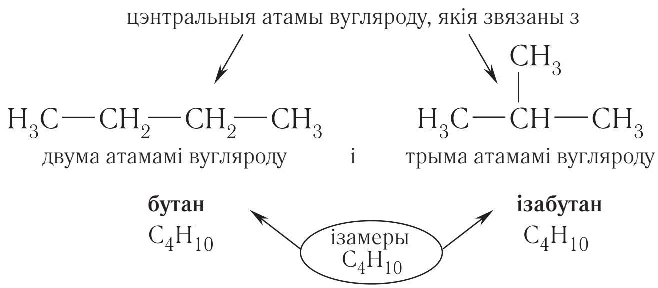
З'ява існавання розных злучэнняў, якія маюць адзін і той жа якасны і колькасны састаў, але розны парадак злучэння атамаў у малекулах (розную хімічную будову), называецца ізамерыяй.

Ізамерыя ўзнікае пры розным парадку звязвання атамаў або груп атамаў з утварэннем разгалінаваных вугляродных ланцугоў. Разгалінаванне атамаў вугляроду ў алканаў пачынаецца з бутану (мал. 19).



Мал. 19. Схема хімічнай будовы малекул бутану (*а*) і ізабутану (*б*)

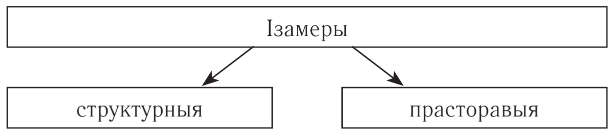
Прыведзеныя структурныя формулы рэчываў, якія адпавядаюць адной і той жа малекулярнай формуле C_4H_{10}, адлюстроўваюць розную хімічную будову гэтых рэчываў. У адной з іх цэнтральны атам вугляроду звязаны з трыма суседнімі атамамі вугляроду, у другой — толькі з двума атамамі вугляроду:



Розныя структурныя формулы належаць двум розным рэчывам — *ізамерам*. Бутан і ізабутан з'яўляюцца ізамерамі.

Злучэнні, якія маюць адзін і той жа малекулярны састаў (аднолькавую малекулярную формулу), але розны парадак злучэння атамаў у малекулах або рознае размяшчэнне атамаў у прасторы, называюцца **ізамерамі**.

Усе ізамеры, якія існуюць, падзяляюцца на *структурныя* і *прасторавыя* (*стэрэаізамеры*).



Прасторавую ізамерыю разгледзім падрабязна ў § 10.

Найбольш просты тып ізамерыі ўзнікае ў выніку рознага парадку злучэння атамаў у малекулах; гэта — **структурная ізамерыя**.

Адным з відаў структурнай ізамерыі з'яўляецца *ізамерыя вугляроднага ланцуга* (вугляроднага шкілета).

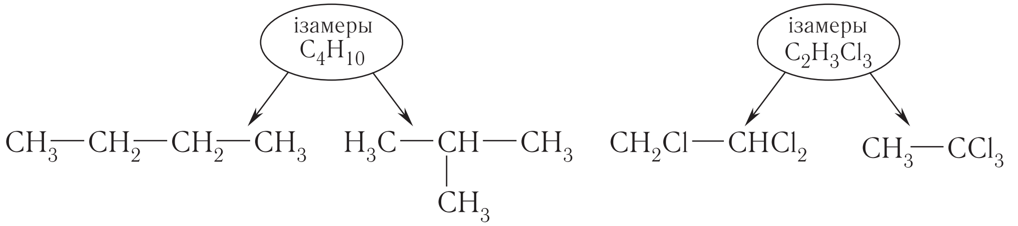
Для алканаў характэрна **ізамерыя ланцуга**. Прыклады некаторых структурных ізамераў прыведзены ў табліцы 7.

Табліца 7. **Прыклады розных структурных ізамераў**

Віды ізамерыі	Малекулярная формула	Скарочаная структурная формула	Назва ізамера
Ізамерыя ланцуга	C_4H_{10}	$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$	Бутан
	C_4H_{10}	$H_3C-CH(CH_3)-CH_3$	2-Метылпрапан (ізабутан)
Ізамерыя ланцуга	C_5H_{12}	$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Пентан
	C_5H_{12}	$H_3C-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$	2-Метылбутан (ізапентан)
	C_5H_{12}	$H_3C-C(CH_3)_2-CH_3$	2,2-Дыметылпрапан (неапентан)

Ізамеры з'яўляюцца рознымі рэчывамі нягледзячы на тое, што яны маюць аднолькавы якасны і колькасны састаў, г. зн. аднолькавую малекулярную формулу.

Напрыклад, ізамеры з малекулярнай формулай C_4H_{10} і $C_2H_3Cl_3$:

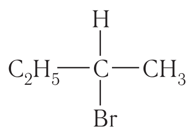


бутан	ізабутан	1,1,2-трыхлорэтан	1,1,1-трыхлорэтан
т. пл. −138,4 °C	т. пл. −145,0 °C	т. пл. −37 °C	т. пл. −35 °C
т. кіп. −0,5 °C	т. кіп. −10,2 °C	т. кіп. 113,7 °C	т. кіп. 74,9 °C

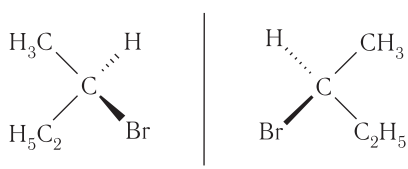
Як відаць з прыведзеных даных, ізамеры маюць розныя фізіка-хімічныя характарыстыкі.

Стэрэаізамерыяй (прасторавай ізамерыяй) валодаюць злучэнні, якія змяшчаюць **атам** (абмяжуемся вугляродам**) з чатырма living рознымі замяшчальнікамі.** Такі атам называюць *стэрэагенным цэнтрам*. Злучэнні з адным стэрэагенным цэнтрам існуюць у выглядзе двух стэрэаізамераў. Яны адрозніваюцца размяшчэннем атамаў або частак малекул у прасторы і адносяцца адзін да аднаго як прадмет і **не сумяшчальнае** з ім люстраное адлюстраванне. Ізамерыя такога тыпу характэрна, напрыклад, для 2-бромбутану. Цэнтральны атам вугляроду звязаны з чатырма рознымі замяшчальнікамі — вадародам, бромам, метыльнай і этыльнай групамі:

$$CH_3—CH_2—CHBr—CH_3$$



2-бромбутан



люстра

Каб пераканацца ў тым, што розныя формы 2-бромбутану адрозніваюцца адна ад адной, лепш за ўсё пабудаваць мадэлі гэтых структур і паспрабаваць сумясціць іх адну з адной. 2-Бромбутан існуе ў дзвюх розных формах, паколькі пабудаваныя вамі мадэлі пры накладанні не сумяшчаюцца адна з адной.

Розныя формы малекулы 2-бромбутану называюцца **энантыямерамі**.

Вакол нас знаходзіцца многа аб'ектаў, якія маюць такія прасторавыя адрозненні,— пальчаткі, туфлі, ракавіны малюскаў і г. д. Самым простым прыкладам прасторавых адрозненняў энантыямераў з'яўляюцца далоні нашых рук: адлюстраванне ў люстры левай далоні выглядае як правая далонь.

Фізічныя ўласцівасці

Фізічныя ўласцівасці разгледзім на прыкладзе некаторых прадстаўнікоў гамалагічнага рада алканаў (табл. 8).

Табліца 8. **Важнейшыя фізічныя ўласцівасці некаторых алканаў**

Назва	Адносная малекулярная маса	Агрэгатны стан пры пакаёвай тэмпературы	Тэмпература плаўлення, °С	Тэмпература кіпення, °С	Шчыльнасць, г/см^3 (20 °С)
Метан	16	Газ	−182,6	−161,6	0,424[а]
Этан	30	Газ	−183,3	−88,5	0,546[а]
Прапан	44	Газ	−187,1	−42,2	0,582[а]
Бутан	58	Газ	−138,4	−0,5	0,601[б]
Пентан	72	Вадкасць	−129,7	36,1	0,626
Гексан	86	Вадкасць	−94,0	68,7	0,659
Гептан	100	Вадкасць	−90,5	98,4	0,684
Актан	114	Вадкасць	−56,8	125,7	0,703
Нанан	128	Вадкасць	−53,7	150,8	0,718
Дэкан	142	Вадкасць	−29,7	174,1	0,730
Эйказан $C_{20}H_{42}$	282	Цвёрдае рэчыва	+36,4		0,778

Літарай «а» ў табліцы адзначана шчыльнасць рэчываў пры тэмпературы кіпення; «б» — пры тэмпературы 0 °С, астатнія — пры пакаёвай тэмпературы.

Першыя пяць алканаў маюць тэмпературы кіпення ніжэй за пакаёвыя (25 °С) і з'яўляюцца пры гэтых умовах газамі. Алканы C_5—C_{15} — вадкасці, а алканы, якія маюць у саставе вугляроднага ланцуга 16 і больш атамаў вугляроду, — цвёрдыя рэчывы.

Як відаць з даных, прыведзеных у табліцы 8, з павелічэннем малекулярнай масы алканаў (насычаных вуглевадародаў) іх тэмпературы плаўлення і кіпення павялічваюцца.

Насычаныя вуглевадароды практычна не раствараюцца ў вадзе. Прычына гэтага заключаецца ў тым, што алканы з'яўляюцца малапалярнымі рэчывамі з-за невялікага адрознення электраадмоўнасцей атамаў вугляроду і вадароду.

Дрэнная растваральнасць алканаў у вадзе і іх меншая шчыльнасць у параўнанні з вадой маюць практычнае значэнне — гэта дазваляе выдаляць з паверхні вады або глебы нафту або прадукты яе перапрацоўкі, якія разліліся.

Злучэнні, якія маюць адзін і той жа малекулярны састаў, але розную будову, называюцца ізамерамі.

Ізамеры падзяляюцца на структурныя і прасторавыя (стэрэаізамеры).

У алканаў з павелічэннем малекулярнай масы тэмпературы плаўлення і кіпення павялічваюцца.

Пытанні і заданні

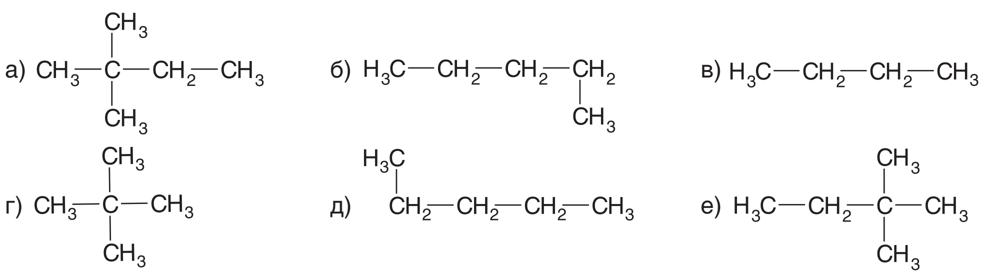
1. Ахарактарызуйце паняцце «ізамерыя» і прывядзіце прыклады ізамераў з малекулярнай формулай C_4H_{10}.

2. Напішыце структурныя формулы ізамераў рэчываў, якія маюць малекулярную формулу C_5H_{12}, і назавіце іх па наменклатуры ІЮПАК.

3. Складзіце структурныя формулы ізамераў, якія маюць малекулярную формулу $C_2H_4Cl_2$.

4. Ці раствараюцца насычаныя вуглевадароды ў вадзе? Растлумачце.

5. Прыведзены структурныя формулы арганічных злучэнняў:



Якія з іх з'яўляюцца ізамерамі?

6. Складзіце формулы ўсіх структурных ізамераў з малекулярнай формулай C_6H_{14}.

7. Назавіце агульны лік электронаў у малекуле прапану.

8. Прывядзіце структурныя формулы бліжэйшых гамолагаў прапану з неразгалінаваным вугляродным ланцугом.

§ 8. Хімічныя ўласцівасці алканаў

Алканы пры звычайных тэмпературах мала актыўныя ў адносінах да розных хімічных рэчываў і не ўступаюць у рэакцыі нават з моцнымі акісляльнікамі. З гэтай прычыны іх называюць яшчэ *парафінамі* (грэч. parum affinis — мала роднасці).

Аднак пры апраменьванні святлом або пры высокіх тэмпературах алканы могуць уступаць у розныя рэакцыі, напрыклад акіслення і замяшчэння.

Рэакцыі акіслення

Пры звычайных умовах алканы практычна не рэагуюць з кіслародам. Рэакцыя акіслення моцна паскараецца на святле, пры награванні і ў прысутнасці каталіза-

тараў. Прадуктамі акіслення з’яўляюцца складаныя сумесі кіслародзмяшчальных арганічных злучэнняў.

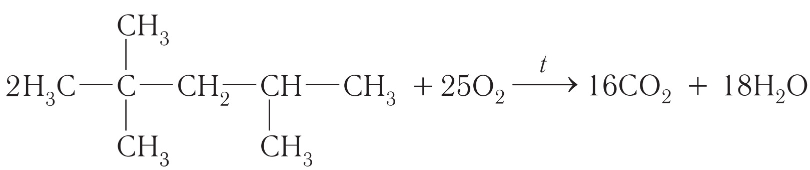
1) Поўнае акісленне (гарэнне)

Пры награванні да высокай тэмпературы алканы лёгка гараць на паветры з вылучэннем цеплаты. Напрыклад, гарэнне метану:

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + Q.$$

Прыродны газ, які складаецца ў асноўным з метану, па гэтай прычыне выкарыстоўваецца ў якасці паліва для машын, электрастанцый і з’яўляецца асновай энергетыкі многіх краін.

Поўнае акісленне іншых алканаў у сумесях з паветрам выкарыстоўваецца ў бензінавых і дызельных рухавіках. Напрыклад:



2,2,4-трыметылпентан

Сумесі метану з кіслародам (1 : 2 па аб’ёму) або паветрам (1 : 10) надзвычай небяспечныя і прыводзяць да выбухаў у памяшканнях пры ўцечцы прыроднага газу.

Пры недахопе кіслароду гарэнне алканаў прыводзіць да ўтварэння надзвычай таксічнага аксіду вугляроду (II):

$$2CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2O.$$

Метан не мае паху, таму для выяўлення ўцечкі прыроднага газу да яго дабаўляюць рэчывы з непрыемным пахам (напрыклад, меркаптаны R—SH).

2) Акісленне

Частковае акісленне бутану кіслародам у прысутнасці каталізатараў прыводзіць да ўтварэння воцатнай кіслаты:

$$2CH_3CH_2CH_2CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{солі Mn і Co}, t} 4CH_3COOH + 2H_2O.$$

Рэакцыі замяшчэння

Найбольш энергічна і з вылучэннем вялікай колькасці цеплаты рэагуе з алканамі *фтор*, што прыводзіць да разрыву не толькі C—H-, але і C—C-сувязей. *Ёд*, як правіла, з алканамі не рэагуе. У цемнаце алканы не рэагуюць з хлорам або бромам.

Аднак пры асвятленні або моцным награванні лёгка праходзіць **рэакцыя замяшчэння** атама вадароду (напрыклад, у малекуле метану) на атам хлору з утварэннем хлорметану:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} \underset{\text{хлорметан}}{CH_3Cl} + HCl$$

Працэс ператварэння сувязі C—H у сувязь C—Cl праходзіць у некалькі этапаў, і ў дадзеным запісе саставу зыходных і канечных рэчываў фіксуецца толькі канчатковы рэзультат рэакцыі.

У працэсе галагеніравання метану, асабліва пры лішку галагену, адбываецца паслядоўнае замяшчэнне ўсіх атамаў вадароду і ўтвараецца сумесь прадуктаў:

$$\underset{\text{метан}}{CH_4} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2,\, h\nu} \underset{\text{хлорметан}}{CH_3Cl} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2,\, h\nu} \underset{\text{дыхлорметан}}{CH_2Cl_2} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2,\, h\nu}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{трыхлорметан}}{CHCl_3} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2,\, h\nu} \underset{\text{тэтрахлорметан}}{CCl_4}$$

Узаемадзеянне іншых алканаў з галагенамі ў большасці выпадкаў прыводзіць да ўтварэння сумесі ізамераў. Напрыклад, схема рэакцыі:

$$\underset{\text{прапан}}{CH_3CH_2CH_3} + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{1-хлопрапан}}{CH_3CH_2CH_2Cl} + \underset{\text{2-хлорпрапан}}{CH_3CHClCH_3} + HCl$$

Піроліз і ізамерызацыя алканаў

Пры павышаных тэмпературах (> 600 °C) і без каталізатара алканы ўтвараюць галоўным чынам алкены і сумесі іншых прадуктаў. Напрыклад, піроліз этану прыводзіць да ўтварэння этылену:

$$C_2H_6 \longrightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2$$

Разрыў C—C-сувязей у малекулах алканаў у любым месцы прыводзіць да ўтварэння сумесі алкенаў і іншых вуглевадародаў. Спрошчаная схема расшчаплення C—C-сувязей у малекуле бутану і некаторыя прадукты рэакцыі:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_3{-}CH{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + CH_3{-}CH_3 + CH_4$$

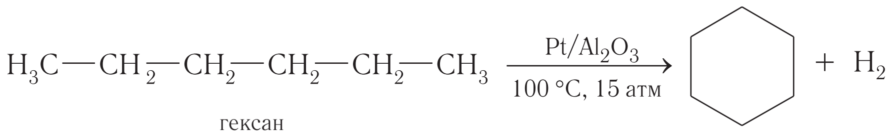
Пры раскладанні бутану, напрыклад, утвараецца сумесь этылену, прапену, бутэну-1, бутэну-2, а таксама метану і вадароду.

Награванне алканаў у прысутнасці каталізатараў прыводзіць да змянення структуры малекул. Напрыклад, пры награванні бутану ў прысутнасці хларыду алюмінію адбываецца яго *ізамерызацыя* з утварэннем ізабутану:

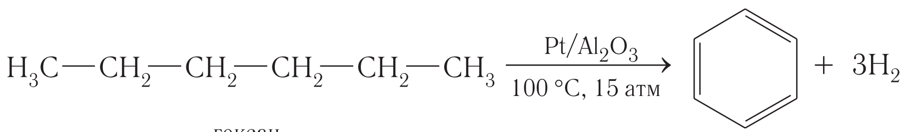
$$H_3C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{AlCl_3,\ 100\ °C} H_3C{-}CH(CH_3){-}CH_3$$

Ізамерызацыя алканаў нафты з'яўляецца сучасным метадам атрымання высокаактанавага бензіну.

Змяненне структуры малекул адбываецца таксама пры награванні іншых алканаў, напрыклад гексану, у прысутнасці плацінавага каталізатара. У гэтым выпадку ўтвараюцца цыклічныя вуглевадароды — цыклагексан і бензол:



гексан цыклагексан



гексан бензол

Атрыманне і прымяненне алканаў

У *прымысловасці* насычаныя вуглевадароды атрымліваюць пры перапрацоўцы нафты, метан у некаторых краінах — з біямасы.

Разнавіднасцямі біямасы з'яўляюцца драўніна і арганічныя адходы жывёл і раслін. Пры атрыманні метану біямасу падвяргаюць ферментацыі без доступу кіслароду. Пры гэтых умовах пэўныя бактэрыі раскладаюць адходы з утварэннем метану.

У *лабараторыі* алканы можна атрымаць рознымі спосабамі.

1) З солей карбонавых кіслот

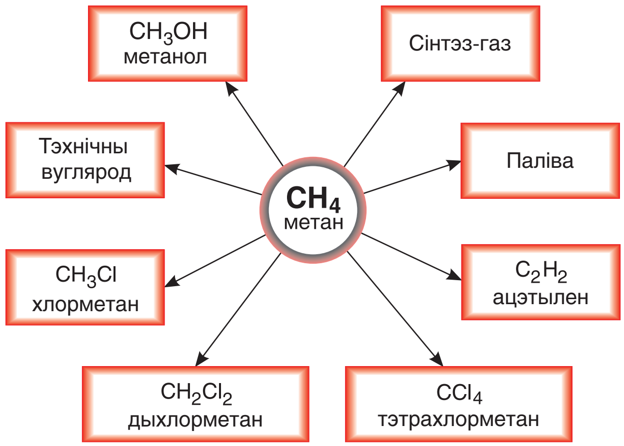
Лятучыя алканы таксама атрымліваюць награваннем солей карбонавых кіслот са шчолачамі:

$$H_3C-C(=O)ONa + NaOH \xrightarrow{t} CH_4\uparrow + Na_2CO_3$$

2) Гідрыраваннем ненасычаных злучэнняў з кратнымі сувязямі

Алканы можна атрымаць гідрыраваннем ненасычаных злучэнняў, якія змяшчаюць двайныя або трайныя сувязі:

$$\underset{\text{бутын-1}}{CH_2-CH_2-C{\equiv}CH} + 2H_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t} \underset{\text{бутан}}{CH_3-CH_2-CH_2-CH_3}$$



Мал. 20. Прымяненне метану

Выкарыстанне метану ў прамысловасці паказана на малюнку 20. Хоць прыродны газ у цяперашні час з'яўляецца асновай энергетычнай прамысловасці многіх краін, хімічная перапрацоўка яго эканамічна больш выгадная і мэтазгодная. Напрыклад, перапрацоўка прыроднага газу ў сумесь аксіду вугляроду(II) і вадароду:

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{\text{Ni, 30 атм, 750 °C}} CO + 3H_2$$

Сумесь 1 моль аксіду вугляроду(II) і 2 моль вадароду (*сінтэз-газ*) выкарыстоўваюць для атрымання метанолу, далей воцатнай кіслаты і іншых арганічных рэчываў, а вадарод — для атрымання аміяку:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow{\text{ZnO, Cu, 75 атм, 250 °C}} \underset{\text{метанол}}{CH_3OH}$$

Трыхлорметан і тэтрахлорметан, якія ўтвараюцца пры галагеніраванні метану, прымяняюць у якасці растваральнікаў. Каля 15 % тэтрахлорметану, які вырабляецца ў прамысловасці, атрымліваюць поўным хлараваннем метану:

$$\underset{\text{метан}}{CH_4} + 4Cl_2 \xrightarrow{\text{250—400 °C}} \underset{\text{тэтрахлорметан}}{CCl_4} + 4HCl$$

Рэакцыя раскладання метану без доступу паветра прымяняецца на вытворчасці для атрымання тэхнічнага вугляроду, які выкарыстоўваецца ў якасці пігменту для вырабу тыпаграфскай фарбы і напаўняльніка гумы для аўтамабільных шын.

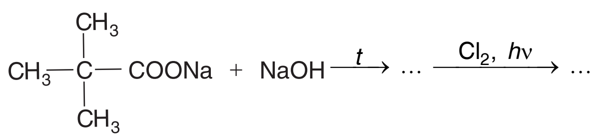
Бутан выкарыстоўваюць у прамысловасці для атрымання бутадыену-1,3, які прымяняецца для атрымання сінтэтычных каўчукаў.

Пры апраменьванні святлом або пры высокіх тэмпературах алканы ўступаюць у рэакцыі акіслення і замяшчэння.

У лабараторыі алканы можна атрымаць гідрыраваннем злучэнняў з кратнымі сувязямі, а таксама награваннем солей карбонавых кіслот са шчолачамі.

Пытанні і заданні

1. Састаўце ўраўненне рэакцыі ўзаемадзеяння этану хімічнай колькасцю 1 моль з бромам хімічнай колькасцю 1 моль пры асвятленні.
2. Састаўце ўраўненне рэакцый гарэння: а) прапану; б) бутану.
3. Вызначце суму каэфіцыентаў ва ўраўненні рэакцыі гарэння этану пры недахопе кіслароду.
4. Які аб'ём хлорметану ўтвараецца пры рэакцыі метану аб'ёмам (н. у.) 5,6 $дм^3$ з хлорам, калі выхад хлорметану складае 76 %?
5. Якія монабромвытворныя могуць быць атрыманы замяшчэннем аднаго атама вадароду на атам брому ў: а) прапане; б) бутане? Назавіце іх па сістэматычнай наменклатуры.
6. Назавіце канечны прадукт наступнага ланцужка ператварэнняў:



7. Пры спальванні якога вуглевадароду сума хімічных колькасцей вуглевадароду і неабходнага для спальвання кіслароду ў два разы большая за хімічную колькасць аксіду вугляроду(IV), які ўтварыўся?
8. Аксід вугляроду(IV), атрыманы пры спальванні бутану аб'ёмам (н. у.) 560 $см^3$, прапусцілі праз раствор гідраксіду калію аб'ёмам 26,72 $см^3$ з масавай доляй KOH 32 % (шчыльнасць 1,31 $г/см^3$). Вызначце масавую долю солі ў атрыманым растворы.

РАЗДЗЕЛ 3

Ненасычаныя вуглевадароды

Ненасычанымі вуглевадародамі называюць арганічныя злучэнні, якія ў саставе малекул змяшчаюць двайныя або трайныя вуглярод-вугляродныя сувязі.

Ніжэй прыведзены формулы злучэнняў такога тыпу:

$H_2C{=}CH_2$ — этэн (этылен)

$H_3C{-}C{\equiv}CH$ — прапін

$H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$ — бутадыен-1,3

Разгледзім паслядоўна будову, фізічныя і хімічныя ўласцівасці ненасычаных злучэнняў з адной двайной сувяззю (**алкены**), дзвюма двайнымі сувязямі (**дыены**) і з адной трайной сувяззю (**алкіны**).

§ 9. Алкены. Будова алкенаў

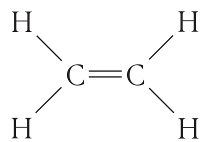
Алкены ў прыродзе

Алкены шырока распаўсюджаны ў прыродзе. Напрыклад, этылен з’яўляецца *фітагармонам*, які паскарае выспяванне пладоў. Насякомыя выдзяляюць некаторыя алкены (*ферамоны*), якія выкарыстоўваюцца імі для прыцягнення асобін другога полу, знаходжання шляхоў да месцаў кармлення і перасцеражэння аб небяспецы. Многія натуральныя аддушкі і духмянасці ў якасці асноўнага кампанента змяшчаюць алкены.

У нязначных колькасцях этылен змяшчаецца ў прыродным газе і спадарожных газах пры здабычы нафты.

Будова алкенаў

Прасцейшым алкенам з’яўляецца **этылен** (**этэн**):



Вуглевадароды з адной двайной сувяззю, як і алканы, утвараюць **гамалагічны рад**, у якім любы наступны член рада адрозніваецца па саставу ад папярэдняга на адну групу атамаў $—\mathbf{CH_2}—$.

Напрыклад, гамалагічны рад алкенаў ад C_2 да C_5:

$CH_2{=}CH_2$ — этэн

$CH_2{=}CH{-}CH_3$ — прапен

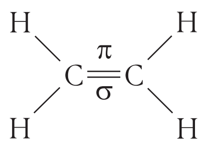
$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ — бутэн-1

$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ — пентэн-1

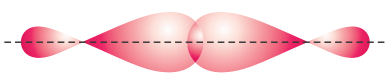
Састаў вуглевадародаў гэтага рада можна выразіць агульнай формулай $\mathbf{C_nH_{2n}}$. Літара n паказвае лік атамаў вугляроду, які можа змяшчацца ў малекуле канкрэтнага вуглевадароду.

Агульная формула алкенаў $\mathbf{C_nH_{2n}}$.

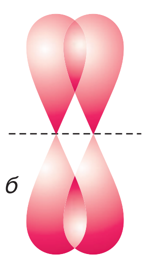
Будову алкенаў разгледзім падрабязна на прыкладзе этылену. Малекулярная формула этылену C_2H_4. Структурнай асаблівасцю этылену з'яўляецца прысутнасць у малекуле двайной сувязі паміж атамамі вугляроду:



Пры ўтварэнні двайной сувязі абагульваюцца дзве пары электронаў ад суседніх атамаў вугляроду. Адна пара электронаў уяўляе сабой σ-сувязь (мал. 21, *а*). Другая сувязь утвараецца за кошт перакрывання электронных воблакаў *p*-электронаў па абодва бакі ад лініі (паказана пункцірам), якая злучае цэнтры атамаў (мал. 21, *б*). Сувязь такога тыпу называюць π-сувяззю.



а



б

Мал. 21. Схематычны паказ утварэння хімічных сувязей: *а* — σ-сувязь; *б* — π-сувязь

π-Сувязь значна адрозніваецца па энергіі ад σ-сувязі (табл. 9).

Табліца 9. **Характарыстыкі адзінарнай і двайной сувязей**

Злучэнне	Сувязь	Даўжыня сувязі, нм	Энергія сувязі, кДж/моль
$H_3C{-}CH_3$	C—C	0,154	347
$H_2C{=}CH_2$	C=C	0,133	612

З даных табліцы 9 відаць, што энергія адзінарнай σ-сувязі роўна 347 кДж/моль, а агульная энергія двайной сувязі — 612 кДж/моль. Адсюль вынікае, што энергія π-сувязі ў малекуле этылену роўна 265 кДж/моль. Такім чынам,

трываласць π-сувязі меншая за трываласць σ-сувязі, што і тлумачыць характэрныя для алкенаў рэакцыі далучэння з разрывам π-сувязі.

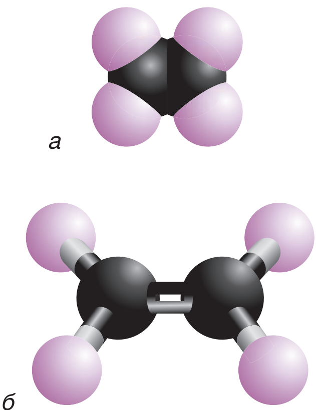
Фізічнымі метадамі ўстаноўлена, што малекулы этылену маюць *плоскую будову*: восі ўсіх чатырох сувязей C—H малекулы этылену ляжаць у адной плоскасці з валентнымі вугламі сувязі, роўнымі прыблізна 120°.

Даўжыня C═C-сувязі ў малекуле этылену меншая за адзінарную сувязь у малекуле этану. Яна роўна 0,133 нм.

Даўжыня C═C-сувязі роўна 0,133 нм.

Электронная формула малекулы этылену:

$$\begin{array}{ccc} H: & & :H \\ & C::C & \\ H: & & :H \end{array}$$



а

б

Мал. 22. Маштабная (*а*) і шарастрыжнёвая (*б*) мадэлі малекулы этылену

З электроннай формулы відаць, што кожны атам вугляроду мае ўстойлівую васьміэлектронную абалонку, а кожны атам вадароду — устойлівую двухэлектронную абалонку.

Шарастрыжнёвая і маштабная мадэлі малекулы этылену прыведзены на малюнку 22.

Аналагічная будова двайной сувязі характэрна і для іншых алкенаў.

Агульная формула алкенаў C_nH_{2n}. Усе шэсць атамаў малекулы этылену знаходзяцца ў адной плоскасці.

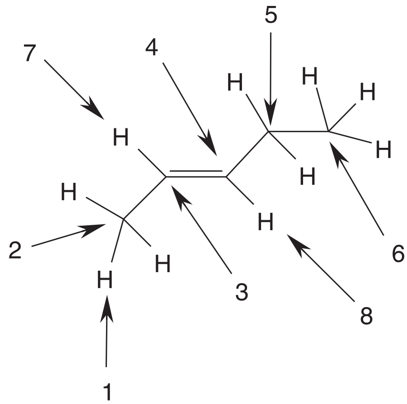
У этылену паміж атамамі вугляроду, акрамя σ-сувязі, ёсць другая сувязь, якая называецца π-сувяззю. Трываласць π-сувязі меншая за трываласць σ-сувязі, што і тлумачыць лёгкасць яе разрыву ў хімічных рэакцыях.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце агульную формулу алкенаў і састаўце малекулярную формулу алкену з чатырма атамамі вугляроду.
2. Назавіце даўжыню двайной C═C-сувязі і параўнайце яе з даўжынёй адзінарнай C—C-сувязі.
3. Параўнайце прасторавыя формулы малекул метану і этылену. На чым заснаваны адрозненні ў прасторавай будове рэчываў двух класаў?
4. Вызначце лік σ-сувязей у малекуле этылену.
5. Растлумачце, у чым заключаецца адрозненне паміж σ- і π-сувязямі ў малекуе этылену.
6. Прывядзіце электронную формулу малекулы прапену.

7. Састаўце скарочаныя структурныя формулы членаў гамалагічнага рада алкенаў ад C_4 да C_8 з неразгалінаваным вугляродным ланцугом і з двайной сувяззю, размешчанай у пачатку ланцуга.

8. Назавіце, якія атамы малекулы алкену наступнай будовы ляжаць у адной плоскасці:



§ 10. Наменклатура, ізамерыя і фізічныя ўласцівасці алкенаў

Наменклатура

Назвы вуглевадародаў з адной двайной сувяззю ўтвараюць змяненнем суфікса **-ан** адпаведнага насычанага вуглевадароду, які змяшчае столькі атамаў вугляроду, колькі іх ёсць у вугляродным ланцугу алкену, на суфіксы **-ен, -эн**. Напрыклад:

$H_3C—CH_3$ — эт**ан** $\qquad$ $CH_2═CH_2$ — эт**эн**

$H_3C—CH_2—CH_3$ — прап**ан** $\qquad$ $CH_3—CH═CH_2$ — прап**ен**

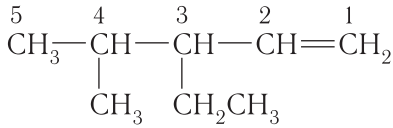
Па сістэматычнай наменклатуры ІЮПАК клас ненасычаных вуглевадародаў з адной двайной сувяззю называюць **алкенамі**.

Калі ненасычаны вуглевадарод змяшчае больш за тры атамы вугляроду, лічба (лакант), якая паказвае становішча двайной сувязі, запісваецца пасля суфікса:

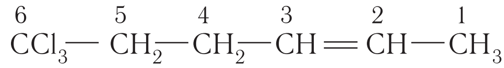
$$\overset{1}{C}H_3—\overset{2}{C}H═\overset{3}{C}H—\overset{4}{C}H_3$$

бутэн-2

Нумарацыя вугляроднага ланцуга ў выпадку ненасычаных вуглевадародаў вызначаецца ў першую чаргу **становішчам двайной сувязі**, пры гэтым атам вугляроду каля двайной сувязі і павінен атрымаць найменшы нумар:



4-метыл-3-этылпентэн-1



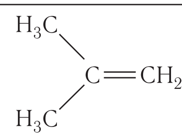
6,6,6-трыхлоргексен-2

Ва ўсіх выпадках запісаў назваў рэчываў замяшчальнікі прыводзяцца ў алфавітным парадку.

Ізамерыя

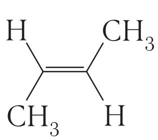
Для алкенаў характэрны некалькі відаў **структурнай ізамерыі**: *ізамерыя ланцуга* (вугляроднага шкілета), *ізамерыя размяшчэння двайной сувязі* і інш. Гэтыя віды ізамерыі разгледжаны ў табліцы 10 на прыкладзе алкенаў, якія маюць малекулярную формулу C_4H_8.

Табліца 10. **Віды структурнай ізамерыі алкенаў**

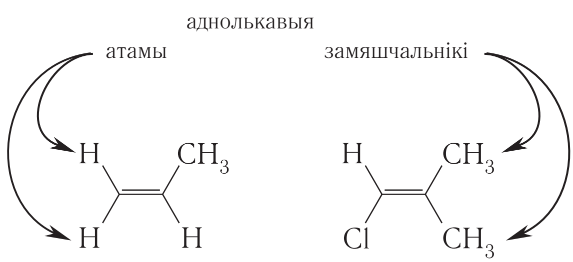
Ізамерыя ланцуга	$CH_3—CH_2—CH{=}CH_2$ бутэн-1	 2-метылпрапен
Ізамерыя становішча двайной сувязі	$CH_3—CH_2—CH{=}CH_2$ бутэн-1	$CH_3—CH{=}CH—CH_3$ бутэн-2

Акрамя структурнай ізамерыі, для алкенаў характэрна таксама прасторавая ізамерыя (стэрэаізамерыя). Прасторавая ізамерыя з'яўляецца вынікам адсутнасці вярчэння замяшчальнікаў вакол двайной сувязі.

Прасторавай ізамерыяй валодаюць алкены, якія змяшчаюць **розныя** атамы або групы атамаў у кожнага з атамаў вугляроду, якія ўтвараюць двайную сувязь:



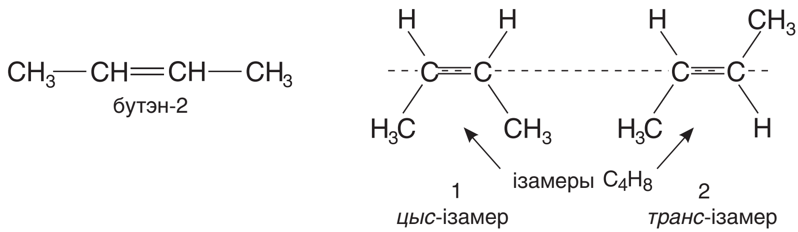
ёсць прасторавыя ізамеры



няма прасторавых ізамераў

Разгледзім будову прасторавых ізамераў бутэну-2 (мал. 23, с. 48).

Размяшчэнне замяшчальнікаў у структурнай формуле алкену трэба разглядаць адносна атамаў вугляроду, якія ўтвараюць двайную сувязь. Калі аднолькавыя



Мал. 23. Пласторавыя ізамеры бутэну-2

замяшчальнікі знаходзяцца па адзін бок двайной сувязі, то гэта *цыс*-ізамер, калі па розныя бакі — *транс*-ізамер бутэну-2 (ад лац. *cis* — на адным баку, *trans* — праз, на другім).

На малюнку 23 прыведзены формулы розных злучэнняў, якія маюць і розныя фізічныя ўласцівасці (табл. 11). Адрозненне ў будове гэтых злучэнняў лепш відаць на самастойна зробленых шарастрыжнёвых мадэлях. Мадэлі пры іх накладанні адна на адну не сумяшчаюцца. Іх нельга перавесці адна ў адну, бо вярчэнне вакол C=C-сувязі немагчыма, паколькі прыводзіць да разрыву π-сувязі. Мадэлі, у якіх замяшчальнікі з'яўляюцца аднолькавымі атамамі, пры накладанні адна на адну поўнасцю супадаюць. Значыць, калі ў любога атама вугляроду пры двайной сувязі знаходзяцца аднолькавыя атамы або групы атамаў, прасторавыя ізамеры ў гэтым выпадку адсутнічаюць.

Фізічныя ўласцівасці

Фізічныя ўласцівасці алкенаў разгледзім на прыкладзе некаторых прадстаўнікоў з неразгалінаваным ланцугом атамаў вугляроду. Іх назвы і важнейшыя фізічныя ўласцівасці прыведзены ў табліцы 11.

Табліца 11. **Фізічныя ўласцівасці алкенаў**

Назва	Адносная малекулярная маса	Агрэгатны стан пры пакаёвай тэмпетаруы	Тэмпература плаўлення, °C	Тэмпература кіпення, °C	Шчыльнасць, г/см^3
Этэн	28	Газ	−169,4	−103,9	0,566 (−102 °C)
Прапен	42	Газ	−185,2	−47,0	0,609 (−47 °C)
Бутэн-1	56	Газ	−130,0	−5,0	0,629 (−10 °C)
Цыс-бутэн-2	56	Газ	−139,0	+4,0	0,645 (+4 °C)
Транс-бутэн-2	56	Газ	−106,0	+1,0	0,627 (+4 °C)

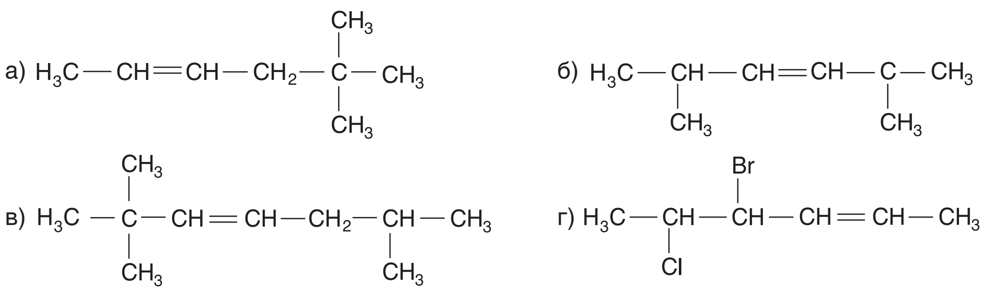
Як і ў выпадку алканаў, тэмпература кіпення алкенаў павялічваецца з павелічэннем адноснай малекулярнай масы. Залежнасць тэмператур плаўлення злучэнняў з двайнымі сувязямі ад малекулярнай масы не мае агульнага характару.

Для алкенаў характэрна структурная і прасторавая *цыс-транс*-ізамерыя.

Назвы алкенаў утвараюць змяненнем суфікса -ан адпаведнага насычанага вуглевадароду на суфіксы -ен, -эн.

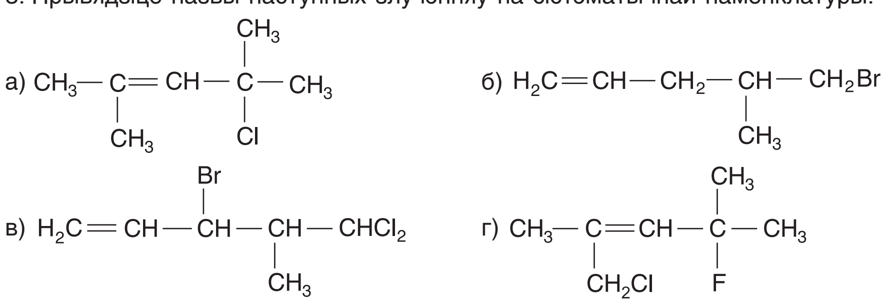
Пытанні і заданні

1. Прывядзіце назвы наступных злучэнняў па сістэматычнай наменклатуры:



2. Складзіце структурныя формулы наступных злучэнняў: а) 4,4-дыбромпентэну-2; б) 1,2-дыхлорбутэну-2; в) 1,4-дыхлоргексену-1.

3. Прывядзіце назвы наступных злучэнняў па сістэматычнай наменклатуры:



4. Якія з дадзеных ніжэй злучэнняў могуць існаваць у выглядзе *цыс-транс*-ізамераў і чаму: а) 1,1-дыхлорэтэн; б) 1,2-дыхлорэтэн; в) 2-метылбутэн-2; г) 1-бром-2-метылбутэн-1; д) 1,1-дыбром-2-метылбутэн-1?

5. Складзіце формулы прасторавых ізамераў гексену-2 і прывядзіце іх назвы.

6. Алкен з неразгалінаваным ланцугом вугляродных атамаў змяшчае n атамаў вугляроду. Выведзіце судачыненне паміж лікам ізамераў алкену, якія ўзнікаюць з-за рознага месцазнаходжання двайной сувязі, і лікам n.

7. Вылічыце масавую долю вугляроду ў малекуле 1,3,5-трыбромгексену-2.

8. Які аб’ём (н. у.) кіслароду спатрэбіцца для поўнага згарання пентэну-1 аб’ёмам 120 $дм^3$?

Лабараторны дослед 1

Выраб шарастрыжнёвых мадэлей малекул вуглевадародаў

1. Складзіце мадэль малекулы метану. Для гэтага з набору мадэлей вазьміце шарык чорнага колеру, які сімвалізуе атам вугляроду, і чатыры шарыкі белага колеру, якія сімвалізуюць атамы вадароду. Выкарыстаўшы дэталі з набору, неабходныя для злучэння шарыкаў, збярыце шарастрыжнёвую мадэль малекулы метану.

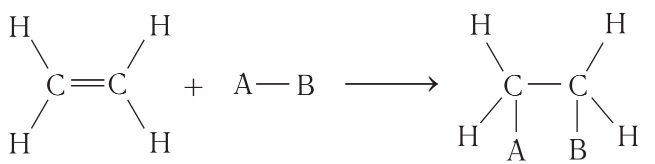
2. Зыходзячы з мадэлі малекулы метану, складзіце мадэль малекулы прапану. Для гэтага ад малекулы метану адніміце белы шарык — сімвал атама вадароду і на яго месца далучыце чорны шарык — сімвал атама вугляроду, да якога далей далучыце яшчэ адзін шарык чорнага колеру, і г. д. Звярніце ўвагу на даўжыню сувязей, велічыню валентных вуглоў і свабоднае вярчэнне груп атамаў вакол адзінарнай сувязі.

3. Складзіце мадэль *цыс*-ізамера малекулы бутэну-2. Далей пабудуйце мадэль *транс*-ізамера малекулы бутэну-2. Звярніце ўвагу на адсутнасць вярчэння груп атамаў вакол двайной сувязі.

4. Зрабіце вывады аб прасторавай будове адпаведных малекул вуглевадародаў, даўжынях сувязей, велічынях валентных вуглоў.

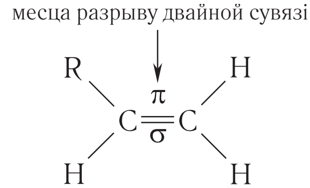
§ 11. Хімічныя ўласцівасці алкенаў

Па хімічных уласцівасцях этылен і іншыя алкены адрозніваюцца ад алканаў і пры звычайных умовах лёгка падвяргаюцца шматлікім **рэакцыям далучэння** па наступнай схеме:



Атамы A і B могуць быць аднолькавымі (напрыклад, атамы брому) або рознымі (напрыклад, атам вадароду і атам галагену).

Рэакцыі далучэння адбываюцца за кошт разрыву менш трывалай π-сувязі. Многія рэакцыі акіслення алкенаў таксама праходзяць за кошт разрыву гэтай сувязі:

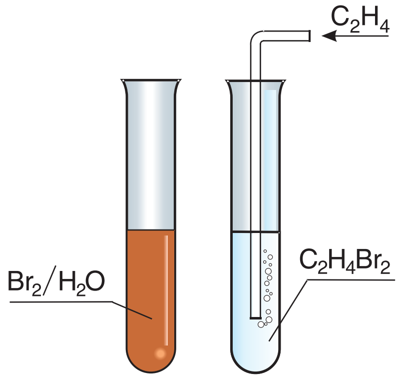


Рэакцыі далучэння

1) Далучэнне галагенаў

Этылен і іншыя алкены пры пакаёвай тэмпературы далучаюць *галагены* (хлор, бром, менш эфектыўна ёд). Напрыклад, этылен далучае бром з утварэннем 1,2-дыбромэтану:

$$\underset{\text{этылен}}{H_2C{=}CH_2} + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} \underset{\text{1,2-дыбромэтан}}{BrCH_2{-}CH_2Br}$$



Мал. 24. Змяненне афарбоўкі бромнай вады пад дзеяннем этылену

У працэсе рэакцыі адбываецца разрыў π-сувязі ў малекуле этылену і σ-сувязі ў малекуле рэагенту з утварэннем дзвюх σ-сувязей $C{-}Br$.

Паколькі этылен абясколервае раствор брому ў вадзе (мал. 24), дадзеная рэакцыя выкарыстоўваецца як *якасная рэакцыя* (хімічны тэст) на прысутнасць двайных сувязей у арганічных злучэннях.

2) Далучэнне вадароду (гідрыраванне)

Далучэнне да алкенаў малекулярнага вадароду адбываецца пры звычайнай або павышанай тэмпературы пад дзеяннем металічных каталізатараў (плаціна, паладый, нікель і інш.), напрыклад:

$$H_2C{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\text{этан}}{H_3C{-}CH_3}$$

$$\underset{\text{пентэн-1}}{H_3C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH_2} + H_2 \xrightarrow{Pd/C} \underset{\text{пентан}}{H_3C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3}$$

Рэакцыя такога тыпу знаходзіць практычнае прымяненне ў прамысловасці пры ператварэнні вадкіх тлушчаў у цвёрдыя пры атрыманні маргарыну.

Асобым выпадкам рэакцыі далучэння з'яўляецца **рэакцыя полімерызацыі** этылену:

$$\underset{\text{этылен}}{n(CH_2{=}CH_2)} \longrightarrow \underset{\text{поліэтылен}}{\left(\!-CH_2{-}CH_2-\!\right)_n}$$

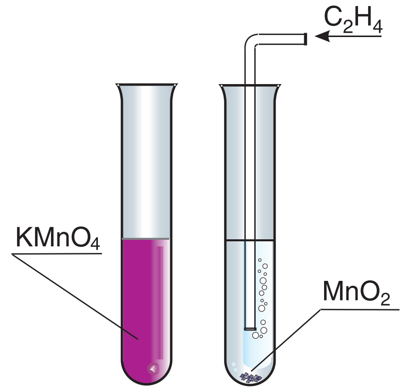
3) Далучэнне вады (гідратацыя) і галагенавадародаў да этылену

Далучэнне *вады* (у прысутнасці кіслаты) і *галагенавадародаў* да этылену адбываецца аналагічна далучэнню галагенаў, напрыклад:

$$\underset{\text{этэн}}{H_2C{=}CH_2} + H_2O \xrightarrow{H^+,\, t} \underset{\text{этанол}}{H_3C{-}CH_2{-}OH}$$

$$\underset{\text{этэн}}{H_2C{=}CH_2} + HCl \longrightarrow \underset{\text{хлорэтан}}{ClCH_2{-}CH_3}$$

Рэакцыі акіслення



Мал. 25. Змяненне афарбоўкі перманганату калію пад дзеяннем этылену

Алкены, як і большасць іншых злучэнняў, якія змяшчаюць двайную сувязь, дастаткова лёгка акісляюцца кіслародам паветра, асабліва пры асвятленні. Рэакцыя акіслення прыводзіць да ўтварэння складаных сумесей арганічных злучэнняў. Акрамя таго, якасці рэчываў пагаршаюцца, яны становяцца непрыгоднымі да спажывання і часам выбухованебяспечнымі. Таму захоўваць алкены трэба на холадзе і ў цемнаце.

Пры рэакцыях акіслення разрываецца адна π-сувязь або σ- і π-сувязі C=C-сувязі.

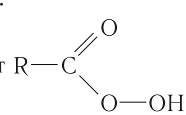
1) Акісленне перманганатам калію

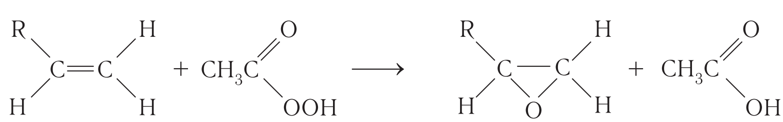
Алкены, у адрозненне ад алканаў, лёгка рэагуюць з акісляльнікамі. Так, пры прапусканні этылену праз разбаўлены раствор перманганату калію пры нізкай тэмпературы фіялетавая афарбоўка раствору знікае (мал. 25):

$$\underset{\text{этэн}}{H_2C{=}CH_2} + [O] + H_2O \xrightarrow{5\,^\circ C} \underset{\text{этыленгліколь (этандыёл-1,2)}}{CH_2(OH){-}CH_2(OH)}$$

Акісленне гамолагаў алкенаў перманганатам калію адбываецца аналагічна акісленню этылену.

Гэта рэакцыя можа таксама служыць *якаснай рэакцыяй* на этылен і іншыя вуглевадароды, якія змяшчаюць двайныя сувязі.

Пры выкарыстанні ў якасці акісляльнікаў надкіслот  або пераксіду вадароду ў шчолачным асяроддзі ўтвараюцца эпаксіды:



надкіслата — эпаксід

Гэта рэакцыя носіць назву **рэакцыі Прыляжаева**.

2) Поўнае акісленне (гарэнне)

Усе алкены пры лішку кіслароду лёгка згараюць з утварэннем вады і аксіду вугляроду(IV). Напрыклад:

Мікалай Аляксандравіч Прыляжаеў
(1877—1944)

Рускі хімік. Распрацаваў сінтэз эпаксідаў пры дзеянні на алкены арганічнымі надкіслотамі (прынцып Прыляжаева). Працяглы час працаваў у Беларусі. Быў дэканам і загадчыкам кафедры арганічнай хіміі хімічнага факультэта Белдзяржуніверсітэта.

$$2CH_3—CH═CH_2 + 9O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

Этылен і яго гамолагі могуць далучаць галагены, вадарод і ваду.

Алкены акісляюцца рознымі акісляльнікамі ($KMnO_4$ і інш.).

Пытанні і заданні

1. Напішыце структурную формулу прадукту ўзаемадзеяння этылену з хлорам і назавіце злучэнне, якое ўтвараецца.
2. Запішыце ўраўненне рэакцыі гарэння бутэну-1.
3. Вызначце і напішыце магчымыя структурныя формулы алкену, калі вядома, што адзін з яго ізамераў масай 21 г далучае хлор аб'ёмам (н. у.) 8,4 $дм^3$.
4. Напішыце ўраўненне рэакцыі бутэну-2 з бромам і назавіце прадукт, які ўтвараецца.
5. Пры прапусканні невядомага алкену праз лішак раствору перманганату калію пры нізкай тэмпературы маса асадку, які выпаў, аказалася ў 1,38 раза большай за масу алкену. Устанавіце формулу алкену.
6. Дапоўніце схему ператварэнняў:

$$H_2C═CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} \ldots \xrightarrow{Br_2,\ h\nu} \ldots$$

7. Вызначце малекулярную формулу алкену, калі пры згаранні газу аб'ёмам (н. у.) 11,2 $дм^3$ утварыліся аксід вугляроду(IV) аб'ёмам (н. у.) 33,6 $дм^3$ і вада масай 27 г. Шчыльнасць алкену роўна 1,876 $г/дм^3$.
8. Састаўце ўраўненне рэакцыі акіслення пентэну-2 да пентандыёлу-2,3.
9. На спальванне сумесі этэну і прапену аб'ёмам (н. у.) 4,032 $дм^3$ спатрэбіўся кісларод аб'ёмам (н. у.) 17,024 $дм^3$. Вылічыце аб'ём кожнага вуглевадароду ў сумесі.

§ 12. Рэакцыя полімерызацыі алкенаў

У сучасным жыцці, мабыць, няма больш важнага прадукту арганічнай хіміі, чым сінтэтычныя **палімеры** (грэч. *полі* — многа, *мерас* — частка). Яны атрымліваюцца ў большасці выпадкаў з алкенаў. Палімерамі называюцца малекулы вельмі вялікай даўжыні і адноснай малекулярнай масы з аднолькавымі групамі атамаў, якія перыядычна паўтараюцца.

Зыходны алкен А называюць **манамерам**, а прадукт, які ўтвараецца ў выніку рэакцыі, — **палімерам:**

$$\underset{\text{манамер}}{n\text{A}} \xrightarrow{\text{полімерызацыя}} \underset{\text{палімер}}{\text{—A—A—A—A—A—A—A—}}$$

Групы атамаў, якія шматразова паўтараюцца ў палімерным ланцугу, называюцца **структурнымі звёнамі**.

Полімерызацыяй называецца рэакцыя сінтэзу высокамалекулярных злучэнняў з нізкамалекулярных, напрыклад алкенаў. Зыходны алкен называецца манамерам, а прадукт рэакцыі, што ўтвараецца,— палімерам.

Гіганцкія малекулы, якія атрымліваюцца (іх называюць **макрамалекуламі**), цікавыя сваімі фізіка-хімічнымі ўласцівасцямі. Дзякуючы ім палімеры надзвычай карысныя ў тэхніцы і паўсядзённым жыцці.

Палімеры і **пластмасы** (іх асноўны кампанент — палімер з дабаўкай фарбавальніка, стабілізатара, напаўняльніка і пластыфікатара) — лёгкія, трывалыя, адносна інертныя матэрыялы — не змяняюць свае ўласцівасці доўгі час.

Утварэнне палімераў разгледзім на прыкладзе **рэакцыі полімерызацыі** этылену, у выніку якой пры мнагакратным далучэнні малекул этылену ўтвараецца высокамалекулярнае рэчыва — *поліэтылен*.

У агульным выглядзе схему рэакцыі полімерызацыі этылену можна запісаць так:

$$\underset{\text{манамер}}{n(CH_2{=}CH_2)} \xrightarrow[t]{\text{ROOR}} \underset{\text{палімер}}{\left(\!-CH_2-CH_2-\!\right)_n}$$

Полімерызацыю часта праводзяць у прысутнасці рэчываў, якія называюцца *ініцыятарамі*, і іх астаткі знаходзяцца на канцах ланцугоў палімерных макрамалекул.

Літара *n* абазначае **ступень полімерызацыі**, якая паказвае лік малекул манамера, што злучыліся ў працэсе полімерызацыі.

Па радыкальнаму механізму можа адбывацца полімерызацыя і іншых манамераў.

Назвы манамераў і будова палімераў, якія ўтвараюцца ў выніку рэакцыі полімерызацыі этылену і яго вытворных, прыведзены ў табліцы 12.

У Рэспубліцы Беларусь у Наваполацку працуе завод па вытворчасці поліэтылену нізкай шчыльнасці.

Табліца 12. **Прыклады некаторых палімераў**

Манамер	Назва манамера	Палімер	Назва палімера	Ступень полімерызацыі
$H_2C{=}CH_2$	Этылен	$-(CH_2-CH_2)_n-$	Поліэтылен: высокай шчыльнасці, нізкай шчыльнасці	2500—20000 500—1200
$CH_2{=}CH-Cl$	Вінілхларыд	$-(CH_2-CH(Cl))_n-$	Полівінілхларыд	100—2500
$F_2C{=}CF_2$	Тэтрафторэтэн	$-(CF_2-CF_2)_n-$	Тэфлон	
$CH_2{=}CH-CH_3$	Прапен	$-(CH_2-CH(CH_3))_n-$	Поліпрапілен	1900—4500
$CH_2{=}CH-C_6H_5$	Стырол	$-(CH_2-CH(C_6H_5))_n-$	Полістырол	500—2000

Уласцівасці і прымяненне палімераў

Палімеры, якія ўтвараюцца пры полімерызацыі этэну, па структуры нагадваюць алканы з вялікім лікам атамаў вугляроду. Таму яны не рэагуюць ні з канцэнтраванымі растворамі шчолачаў, ні з канцэнтраванымі растворамі кіслот. Пры невялікім награванні, напрыклад у гарачай вадзе, яны становяцца мяккімі і могуць змяняць форму.

Поліэтылен прымяняюць для вытворчасці гаспадарчых пакетаў, труб, шпрыцоў, прадметаў хатняга ўжытку, цацак, плёнкі для парнікоў і г. д.

Полівінілхларыд прымяняюць для атрымання штучнай скуры, падлог, цыраты, разнастайных труб, акон, дзвярэй і ізалюючых матэрыялаў для электрычных правадоў.

Поліпрапілен прымяняюць для вырабу труб, вентыляў, медыцынскіх прыбораў і прыналежнасцей, упаковачнай плёнкі і г. д.

Тэфлон устойлівы ў канцэнтраваных растворах шчолачаў і кіслот пры тэмпературах каля 250—300 °C. Ён прымяняецца для вырабу электраізалятараў, пакрыццяў для скаварод і прасаў, вырабу розных устройстваў у хімічнай і атамнай прамысловасці.

Полімерызацыяй называецца рэакцыя сінтэзу высокамалекулярных злучэнняў з нізкамалекулярных. Выходнае злучэнне называюць манамерам, а прадукт рэакцыі, што ўтвараецца, — палімерам.

Пытанні і заданні

1. Што азначае паняцце «структурнае звяно палімера»?

2. Складзіце формулу фрагмента малекулы поліэтылену, які змяшчае 3 структурныя звяны.

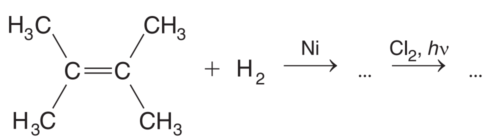
3. Складзіце формулу фрагмента малекулы полівінілхларыду, які змяшчае 4 структурныя звяны.

4. Разлічыце аб’ём салянай кіслаты з масавай доляй HCl 0,1 і шчыльнасцю раствору 1,047 г/см^3, якая спатрэбіцца для атрымання (у прысутнасці аксіду марганцу(IV)) хлору, неабходнага для рэакцыі з прапенам хімічнай колькасцю 0,12 моль.

5. Сумесь этану і прапену аб’ёмам (н. у.) 1,94 дм^3 поўнасцю абясколервае ў цемнаце раствор брому ў хлараформе масай 120 г. Масавая доля брому ў растворы 10 %. Знайдзіце аб’ёмную долю прапену ў сумесі.

6. Вядома, што для далучэння да алкену масай 8,4 г спатрэбіўся вадарод хімічнай колькасцю 0,15 моль. Знайдзіце формулу алкену.

7. Дапоўніце схему ператварэнняў і назавіце прадукты, якія ўтвараюцца:



§ 13. Атрыманне і прымяненне алкенаў

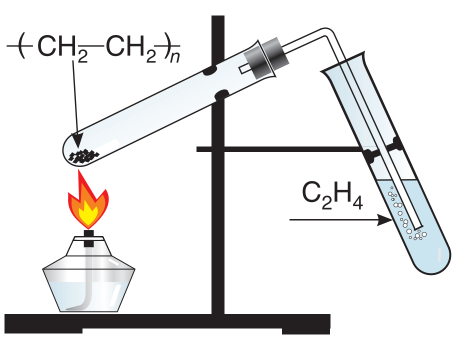
Атрыманне этылену

У хімічнай прамысловасці *этылен* з’яўляецца адным з самых высокатанажных прадуктаў сярод іншых арганічных злучэнняў.

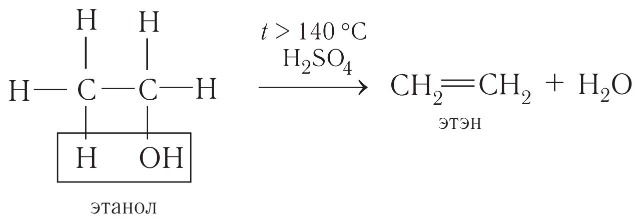
Для разнастайных прамысловых мэт яго атрымліваюць высокатэмпературным раскладаннем вуглевадародаў нафты. Найбольшы выхад этылену дае піроліз этану:

$$H_3C—CH_3 \xrightarrow{t} H_2C=CH_2 + H_2$$

Этылен у лабараторыі атрымліваюць з невялікім выхадам пры раскладанні поліэтылену (мал. 26) або дэгідратацыяй этанолу:

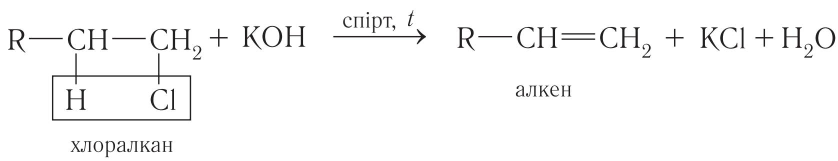


Мал. 26. Схема прыбора для атрымання этылену ў лабараторыі

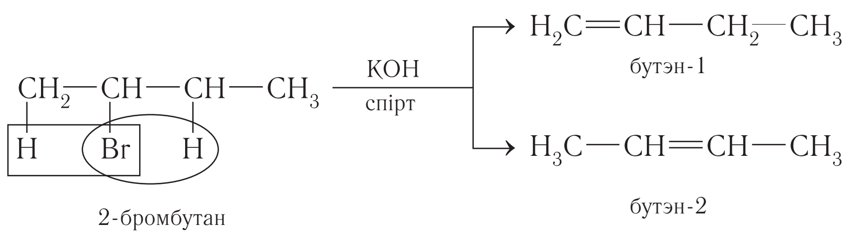


Атрыманне алкенаў

1) Адшчапленнем галагенавадароду ад галагеналканаў пры награванні:



У залежнасці ад структуры зыходнага галагеналкану часта атрымліваецца сумесь алкенаў. Напрыклад, пры ўзаемадзеянні 2-бромбутану са спіртавым растворам шчолачы ўтвараюцца два прадукты — бутэн-1 і бутэн-2:



2) Дэгідратацыяй спіртоў

Алкены ўтвараюцца пры награванні спіртоў з канцэнтраванымі растворамі мінеральных кіслот:

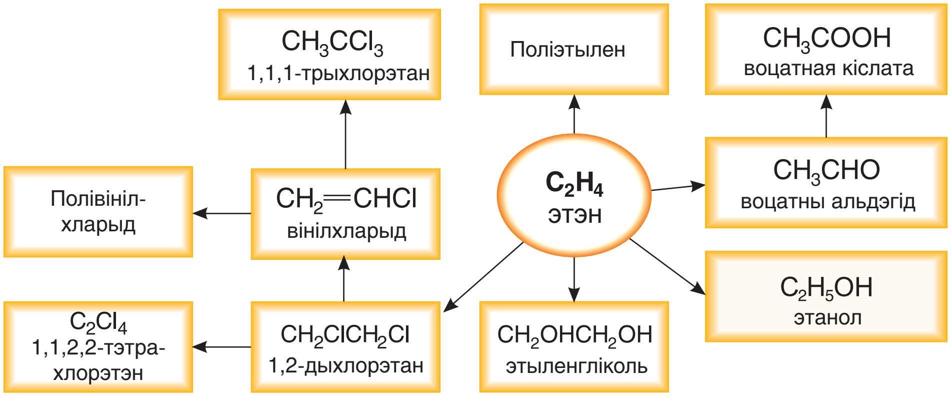
$$\underset{\text{прапанол-1}}{CH_3—CH_2—CH_2—OH} \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} \underset{\text{прапен}}{CH_3—CH{=}CH_2} + H_2O$$

3) *Гідрываваннем алкінаў*:

$$R—CH_2—C{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow[t]{Pd/PbO} R—CH_2—CH{=}CH_2$$

Выкарыстанне этылену

Этылен пераважна выкарыстоўваюць для атрымання поліэтылену. Прыклады выкарыстання этылену ў іншых галінах гаспадаркі паказаны на малюнку 27 на старонцы 58.



Мал. 27. Выкарыстанне этылену

Другі па значнасці шлях выкарыстання этылену — ператварэнне атрыманага з яго вінілхларыду ў полівінілхларыд:

$$\underset{\text{этэн}}{CH_2{=}CH_2} + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{1,2-дыхлорэтан}}{CH_2Cl{-}CH_2Cl} \xrightarrow[-HCl]{t}$$

$$\underset{\text{вінілхларыд}}{H_2C{=}CHCl} \xrightarrow{\text{полімерызацыя}} \text{полівінілхларыд}$$

Вялікія колькасці этылену перапрацоўваюцца таксама ў этыленаксід, далей у этыленгліколь, асноўную частку якога выкарыстоўваюць для атрымання поліэтылентэрафталату (*лаўсану*). Тэтрахлорэтэн (перхлорэтылен) і 1,1,1-трыхлорэтан прымяняюць у якасці растваральнікаў для сухой хімчысткі.

Этылен атрымліваюць пры крэкінгу вуглевадародаў нафты. У лабараторыі этылен атрымліваюць дэгідратацыяй этанолу або раскладаннем поліэтылену.

У лабараторыі алкены атрымліваюць адшчапленнем вады ад спіртоў, адшчапленнем галагенавадародаў ад галагеналканаў і гідрыраваннем алкінаў.

Пытанні і заданні

1. Укажыце, да якога тыпу рэакцый адносіцца лабараторны спосаб атрымання этылену са спірту ў лабараторыі. Састаўце ўраўненне рэакцыі.

2. Вылічыце аб'ём кіслароду (у дм^3), які спатрэбіцца для поўнага згарання прапену аб'ёмам (н. у.) 60 дм^3.

3. Вызначце малекулярную формулу алкену, калі пры згаранні газу аб'ёмам (н. у.) 11,2 $дм^3$ утварыліся аксід вугляроду(IV) аб'ёмам (н. у.) 44,8 $дм^3$ і вада масай 36 г. Шчыльнасць алкену роўна 2,5 $г/дм^3$.

4. Пры награванні 1,2-дыхлорэтану адшчапляецца малекула хлоравадароду. Напішыце ўраўненне рэакцыі і назавіце злучэнне, якое ўтвараецца. Для чаго выкарыстоўваецца прадукт дадзенай рэакцыі?

5. Складзіце схему прамысловага спосабу атрымання полівінілхларыду з этэну.

6. Дапоўніце схему ператварэнняў:

$$C_2H_5OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \ldots \xrightarrow[2\ °C]{KMnO_4} \ldots$$

7. Вылічыце аб'ём вінілхларыду, які можна атрымаць з этылену аб'ёмам (н. у.) 56 $дм^3$, калі на кожнай стадыі выхад прадукту роўны 85 %.

Практычная работа 1

Атрыманне этылену і вывучэнне яго ўласцівасцей

1. Збярыце прыбор і праверце яго на герметычнасць.

2. Змясціце ў прабірку загадзя прыгатаваную сумесь этылавага спірту і канцэнтраванай сернай кіслаты аб'ёмам 1—2 $см^3$, дадайце пару крупінак бітага фарфору для раўнамернага кіпення, шчыльна закрыйце коркам з газаадводнай трубкай і замацуйце прабірку ў штатыве.

3. Награвайце прабірку ў полымі спіртоўкі, прытрымліваючыся правіл тэхнікі бяспекі.

4. Калі змесціва прабіркі пачне раўнамерна кіпець, прапусціце газ, што вылучаецца, у другую прабірку з ёднай вадой аб'ёмам 1—2 $см^3$, апусціўшы свабодны канец газаадводнай трубкі да дна прабіркі. Назірайце змяненні, якія адбываюцца.

5. Прапусціце этылен у прабірку з разбаўленым растворам перманганату калію аб'ёмам 1—2 $см^3$.

6. Выміце газаадводную трубку з раствору, павярніце яе адтулінай уверх і падпаліце газ.

7. Складзіце справаздачу аб рабоце, назавіце змяненні, якія адбываліся, і прывядзіце ўраўненні ўсіх рэакцый.

§ 14. Дыены

! Дыенамі называюцца вуглевадароды, што змяшчаюць у саставе малекул дзве двайныя сувязі.

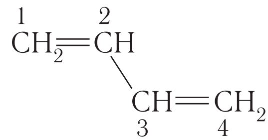
У дадзеным курсе будуць вывучацца толькі дыены, у якіх двайныя сувязі падзелены адзінарнай сувяззю. Такая сістэма сувязей называецца **спалучанай**.

Дыены ў прыродзе

Вуглевадароды са спалучанымі двайнымі сувязямі шырока распаўсюджаны ў прыродзе: гэта раслінныя пігменты морквы, памідораў, лістоў дрэў (афарбоўка выяўляецца ўвосень пасля расшчаплення зялёнага хларафілу), а таксама блізкі да іх па будове вітамін А, каніфоль са смалы хвойных дрэў, некаторыя ферамоны. Такога ж тыпу дыены ў прыродных умовах утвараюць натуральны каўчук і гутаперчу.

Будова

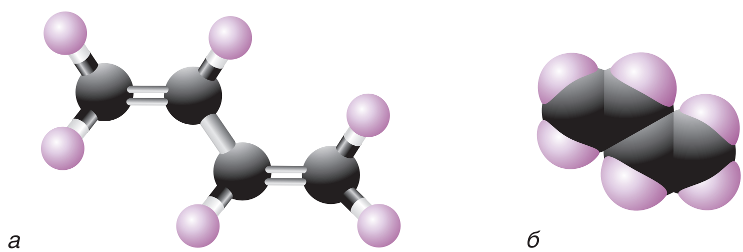
Прасцейшым прадстаўніком дыенаў, у якіх двайныя сувязі падзелены адной адзінарнай сувяззю, з'яўляецца **бутадыен-1,3**. Яго малекулярная формула C_4H_6, структурная формула:



бутадыен-1,3

Агульная формула дыенаў C_nH_{2n-2}.

Будова дыенавых вуглевадародаў са спалучанымі двайнымі сувязямі адрозніваецца ад будовы вуглевадародаў з двайнымі сувязямі. Даўжыні адзінарных і двайных сувязей у малекулах звычайна мала змяняюцца ў залежнасці ад будовы. У той жа час у малекуле бутадыену даўжыня адзінарнай C—C-сувязі роўна 0,148 нм, што карацей за сувязь C—C у алканах (гл. табл. 9), а даўжыня двайной сувязі — 0,134 нм, што крыху даўжэй за двайныя сувязі ў алкенах. Мадэлі малекулы бутадыену паказаны на малюнку 28. Наяўнасць такіх асаблівасцей будовы, як вы ўбачыце далей, прыводзіць да асаблівых хімічных уласцівасцей дыенавых вуглевадародаў.

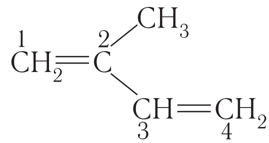


Мал. 28. Шарастрыжнёвая (*а*) і маштабная (*б*) мадэлі малекулы бутадыену-1,3

Наменклатура і ізамерыя

У якасці асновы для назвы дыенаў выбіраюць вугляродны ланцуг, які змяшчае абедзве двайныя вуглярод-вугляродныя сувязі. Суфікс **-ан** адпаведнага на-

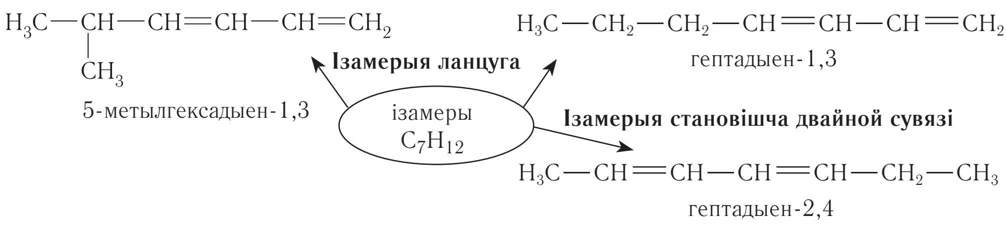
сычанага вуглевадароду змяняюць на суфікс **-дыен**. Лічбы, якія паказваюць становішча двайных сувязей, запісваюць пасля суфікса. Напрыклад:



2-метылбутадыен-1,3 (ізапрэн)

Для дыенавых вуглевадародаў часта выкарыстоўваюць трывіяльныя назвы. Напрыклад, бутадыен-1,3 часам называюць *дывінілам*, а 2-метылбутадыен-1,3 — *ізапрэнам*. Назва класа вуглевадародаў з двюма двайнымі сувязямі — **дыены**.

Для дыенаў характэрны ўсе віды структурнай ізамерыі (*ізамерыя ланцуга, становішча двайной сувязі* і інш.). Разгледзім ізамерыю на прыкладзе вуглевадароду, які ў саставе малекул змяшчае сем атамаў вугляроду.

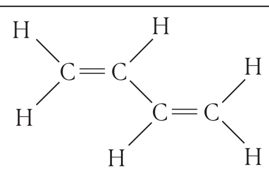
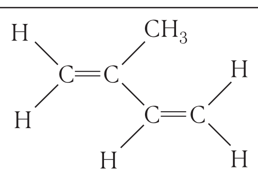


(паказаны толькі адзін з магчымых ізамераў)

Фізічныя ўласцівасці

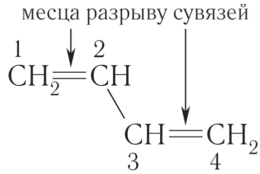
Бутадыен-1,3 уяўляе сабой бясколерны газ, які раздражняе слізістыя абалонкі і практычна не растваральны ў вадзе. Некаторыя фізічныя ўласцівасці дыенаў паказаны ў табліцы 13.

Табліца 13. **Фізічныя ўласцівасці некаторых дыенаў**

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва	Адносная малекулярная маса	Тэмпература, °С	
				плаўлення	кіпення
C_4H_6		дывініл (бутадыен-1,3)	54	−108,9	−4,5
C_5H_8		ізапрэн (2-метыл-бутадыен-1,3)	68	−136	34,1

Хімічныя ўласцівасці

Дыены, гэтак жа як алкены, уступаюць у **рэакцыі далучэння**. Аднак дыены са **спалучанымі двайнымі сувязямі** ў гэтых рэакцыях утвараюць сумесі прадуктаў далучэння. Побач з далучэннем па двайной сувязі (называецца *1,2-далучэнне*) адбываецца далучэнне і па канцах сістэмы спалучаных двайных сувязей (*1,4-далучэнне*).



У апошнім выпадку замест адзінарнай сувязі паміж цэнтральнымі атамамі вугляроду ўтвараецца двайная сувязь.

1) Далучэнне галагенаў

Пры ўзаемадзеянні брому або хлору з дыенамі ўтвараецца сумесь ізамераў 1,2- і 1,4-далучэння. Напрыклад, рэакцыя бутадыену-1,3 хімічнай колькасцю 1 моль з бромам хімічнай колькасцю 1 моль прыводзіць да ўтварэння сумесі 3,4-дыбромбутэну-1 і 1,4-дыбромбутэну-2:

$$\underset{\text{бутадыен-1,3}}{\overset{1}{CH_2}{=}\overset{2}{CH}{-}\overset{3}{CH}{=}\overset{4}{CH_2}} + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{3,4-дыбромбутэн-1}}{CH_2Br{-}CHBr{-}CH{=}CH_2} +$$

$$+ \underset{\text{1,4-дыбромбутэн-2}}{CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br}$$

Суадносіны прадуктаў залежаць ад умоў правядзення рэакцыі.

2) Далучэнне вадароду

Аналагічна галагенам дыены ў рэакцыі з вадародам даюць прадукты 1,2- і 1,4-далучэння. Так, бутадыен-1,3 утварае сумесь бутэну-1 і бутэну-2:

$$\underset{\text{бутадыен-1,3}}{CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2} + H_2 \xrightarrow{\text{кат.},\ t} \underset{\text{бутэн-1}}{H_3C{-}CH_2{-}CH{=}CH_2} +$$

$$+ \underset{\text{бутэн-2}}{H_3C{-}CH{=}CH{-}CH_3}$$

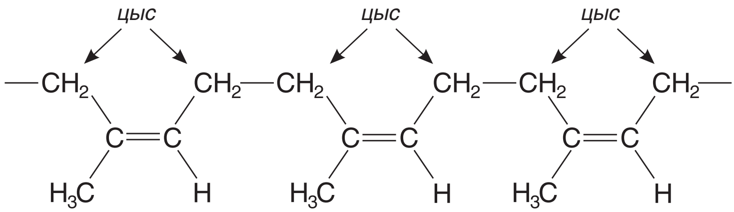
З лішкам вадароду ўтвараецца бутан.

3) Полімерызацыя

Дыенавыя вуглевадароды лёгка ўступаюць у рэакцыі полімерызацыі з утварэннем **сінтэтычных каўчукаў**:

$$n(\underset{\text{бутадыен-1,3}}{CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2}) \longrightarrow \underset{\text{полібутадыен}}{(-CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2-)_n}$$

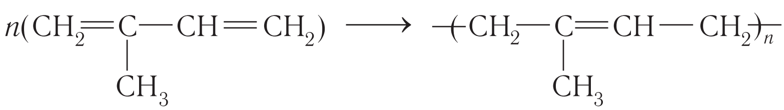
У большасці выпадкаў утвараюцца прадукты 1,4-далучэння.



Мал. 29. Схема прасторавай будовы макрамалекул прыроднага каўчуку

Раней, да атрымання сінтэтычных каўчукаў, у прамысловасці прымяняўся толькі **прыродны (натуральны) каўчук** з соку каўчуканосных раслін. Яго будова паказана на малюнку 29.

Раскладаннем прыроднага каўчуку пры награванні было ўстаноўлена, што яго макрамалекулы складаюцца з астаткаў 2-метылбутадыену-1,3 (ізапрэну).Такім чынам, працэс утварэння натуральнага каўчуку можна паказаць так:

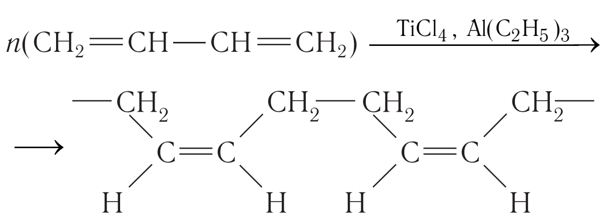


ізапрэн   поліізапрэн

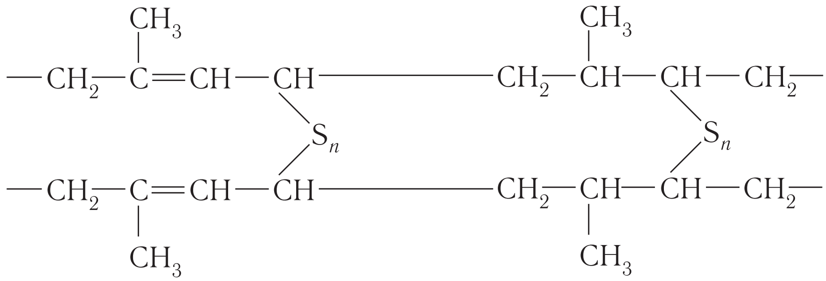
Наяўнасць двайных C═C-сувязей у макрамалекулах палімераў абумоўлівае магчымасць існавання *цыс*- і *транс*-стэрэаізамераў. Аказалася, што ў прасторавай будове макрамалекул прыроднага каўчуку назіраецца рэгулярнасць — толькі *цыс*-размяшчэнне замяшчальнікаў у структурных звёнах (гл. мал. 29).

Пры атрыманні сінтэтычных каўчукаў макрамалекулы палімера, якія ўтвараюцца, пабудаваны з хаатычна размешчаных манамерных звёнаў у *цыс*- або *транс*-формах. Па гэтай прычыне сінтэтычныя каўчукі ўступаюць прыродным па эластычнасці і зносаўстойлівасці.

Вучоным удалося рашыць праблему сінтэзу стэрэарэгулярных каўчукаў пры выкарыстанні змешаных каталізатараў тыпу [$TiCl_4$, $Al(C_2H_5)_3$]:



Эластычнасць каўчукаў з'яўляецца адной з важнейшых умоў пры вырабе авіяцыйных і аўтамабільных шын і паляпшаецца пры **вулканізацыі** каўчуку — ператварэнні каўчуку ў **гуму** пры награванні з серай:



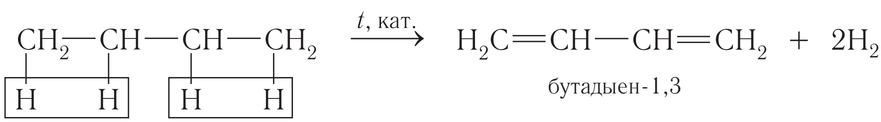
Пры гэтым супраціўленне на разрыў вулканізаванага каўчуку значна павышаецца, а здольнасць да набухання памяншаецца.

<u>*Атрыманне і прымяненне дыенаў*</u>

Паўпрамысловы сінтэз бутадыену-1,3 упершыню быў ажыццёўлены пад кіраўніцтвам С. У. Л е б е д з е в а дэгідратацыяй і дэгідрыраваннем этанолу пры высокай тэмпературы:

$$2H_3C{-}CH_2{-}OH \xrightarrow{425\,°C,\ Al_2O_3,\ ZnO}$$
$$\longrightarrow H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2\uparrow$$

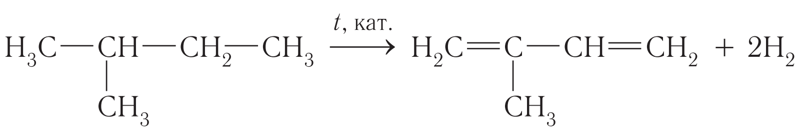
У цяперашні час *бутадыен-1,3* атрымліваюць дэгідрыраваннем бутану:



бутан

бутадыен-1,3

Аналагічна дэгідрыраваннем 2-метылбутану атрымліваюць *ізапрэн*:



2-метылбутан

ізапрэн

Дыены прымяняюць для атрымання сінтэтычных каўчукаў, якія выкарыстоўваюцца ў прамысловасці аўтамабільных шын, а таксама іншых гумава-тэхнічных вырабаў. Часцей за ўсё прымяняюць сумесь манамераў, напрыклад *бутадыен-1,3* і *стырол* у рэакцыі **супалімерызацыі**. Сінтэтычныя каўчукі прымяняюць таксама для вырабу транспарцёрных стужак, гумавага абутку, водаправодных і лабараторных шлангаў. Натуральны поліізапрэнавы палімер *транс*-будовы *гутаперчу* прымяняюць для вырабу мячоў для гольфа.

У Беларусі працуе адно з буйнейшых у Еўропе прадпрыемстваў па вырабу аўтамабільных шын — ААТ «Белшына» ў Бабруйску.

У рэакцыях далучэння вадароду і галагенаў дыены заўсёды ўтвараюць сумесі прадуктаў: 1,2-далучэнне і 1,4-далучэнне.

Дыенавыя вуглевадароды лёгка ўступаюць у рэакцыі полімерызацыі з утварэннем сінтэтычных каўчукаў.

Пытанні і заданні

1. Напішыце ўраўненне рэакцыі лішку брому з пентадыенам-1,4.
2. Растлумачце, у чым заключаюцца асобыя хімічныя ўласцівасці дыенаў са спалучанымі двайнымі сувязямі.
3. Састаўце структурныя формулы ізамераў, якія маюць малекулярную формулу C_5H_8 і адрозніваюцца месцазнаходжаннем двайной сувязі.
4. Састаўце ўраўненне рэакцыі бутадыена-1,3 с: а) H_2; б) Cl_2; в) O_2 (гарэнне). Назавіце прадукты, якія ўтвараюцца, па наменклатуры ІЮПАК.
5. Растлумачце, што абазначае тэрмін «стэрэарэгулярны палімер».
6. Пакажыце будову ўчастка ланцуга бутадыенавага каўчука ў *цыс*- і *транс*-форме.
7. Пакажыце будову ўчастка ланцуга ізапрэнавага каўчуку ў *транс*-форме.
8. Састаўце ўраўненне рэакцыі гексадыену-2,4 з бромам і назавіце прадукты, якія ўтвараюцца, па сістэматычнай наменклатуры.
9. Разлічыце аб'ём бутадыену-1,3, які поўнасцю згарыць у металічным ангары аб'ёмам 80 $м^3$.
10. Вылічыце масу бутадыену-1,3, атрыманага па спосабу Лебедзева з 75-працэнтным выхадам з этанолу масай 18,4 кг.

§ 15. Алкіны. Будова, наменклатура і ізамерыя алкінаў

Алкіны ў прыродзе

Злучэнні з тайнымі сувязямі не так шырока распаўсюджаны ў прыродзе, як алкены і дыены. Простыя алкіны, за выключэннем ацэтылену, які вылучаецца ў следавых колькасцях пры паспяванні яблыкаў, не сустракаюцца ў прыродзе. Іншыя алкіны знаходзяць у масле рамонку, некаторых відах грыбоў, ферамонах насякомых. Таксічнае рэчыва, якое прымянялася індзейцамі Амазонкі для змазвання наканечнікаў стрэл, змяшчае ў саставе малекул тры трайныя сувязі. Асабліва многа алкінаў знаходзіцца ў марскіх арганізмах, напрыклад у губках.

Будова алкінаў

Прасцейшым прадстаўніком вуглевадародаў з адной трайной сувяззю (*алкінаў*) з'яўляецца **ацэтылен**. Ацэтылен уяўляе сабой пры звычайных умовах газ, які ў чыстым выглядзе практычна не мае паху. Ацэтылен дрэнна раствараецца ў вадзе і ў арганічных растваральніках, за выключэннем ацэтону.

Алкіны, як і іншыя класы арганічных злучэнняў, утвараюць **гамалагічны рад**, агульная формула якога $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$.

Напрыклад, гамалагічны рад вуглевадародаў з адной трайной сувяззю ад C_2 да C_5:

$$\underset{\text{этын}}{CH\equiv CH} \qquad \underset{\text{прапін}}{CH\equiv C-CH_3} \qquad \underset{\text{бутын-1}}{CH\equiv C-CH_2-CH_3}$$

$$\underset{\text{пентын-1}}{CH\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3}$$

! **Агульная формула алкінаў C_nH_{2n-2}.**

Будову алкінаў разгледзім на прыкладзе ацэтылену. Малекулярная формула ацэтылену C_2H_2. Структурнай асаблівасцю ацэтылену з'яўляецца прысутнасць у малекуле трайной сувязі паміж атамамі вугляроду. Адна з гэтых сувязей з'яўляецца σ-сувяззю, дзве другія — π-сувязямі.

Электронная і структурная формулы малекулы ацэтылену:

$$H:C\vdots\vdots C:H \qquad H-C\overset{\pi}{\underset{\sigma}{\overset{\pi}{\equiv}}}C-H$$

Фізічнымі метадамі ўстаноўлена, што ў малекуле ацэтылену назіраецца лінейнае размяшчэнне ўсіх чатырох атамаў з валентнымі вугламі сувязей, роўнымі 180°:

$$C_2H_2 \qquad H-C\equiv C-H \quad (180°,\ 180°)$$

Даўжыня C≡C-сувязі ў малекуле ацэтылену карацейшая за двайную сувязь і роўна 0,120 нм.

! **Даўжыня сувязі C≡C роўна 0,120 нм.**

Маштабная мадэль малекулы ацэтылену паказана на малюнку 30.

Мал. 30. Маштабная мадэль малекулы ацэтылену

Наменклатура

Назвы вуглевадародаў з адной трайной сувяззю ўтвараюцца змяненнем суфікса **-ан** адпаведнага насычанага вуглевадароду на суфіксы **-ін, -ын**. Напрыклад:

H_3C-CH_3 — эт**ан** $\qquad$ $CH\equiv CH$ — эт**ын**
$H_3C-CH_2-CH_3$ — прап**ан** $\qquad$ $CH_3-C\equiv CH$ — прап**ін**

Назва класа вуглевадародаў з адной трайной сувяззю — **алкіны**.

Калі ненасычаны вуглевадарод змяшчае больш за тры атамы вугляроду, становішча трайной сувязі паказваюць лічбай, запісваючы яе пасля суфікса:

$$\underset{\text{прапін}}{CH_3{-}C{\equiv}CH} \qquad \underset{\text{бутын-2}}{\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}{\equiv}\overset{3}{C}{-}\overset{4}{C}H_3} \qquad \underset{\text{бутын-1}}{\overset{4}{C}H_3{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{2}{C}{\equiv}\overset{1}{C}H}$$

Іншыя правілы наменклатуры ІЮПАК для алкінаў такія ж, як і правілы для алкенаў (гл. § 10).

Ізамерыя

Для алкінаў характэрны ўсе віды структурнай ізамерыі: *ізамерыя ланцуга, ізамерыя размяшчэння трайной сувязі* і г. д. Разгледзім розныя віды ізамерыі на прыкладзе алкінаў з малекулярнай формулай C_5H_8 (табл. 14).

Табліца 14. **Розныя віды ізамерыі алкінаў**

Ізамерыя ланцуга	$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ пентын-1	$CH{\equiv}C{-}CH(CH_3){-}CH_3$ 3-метылбутын-1
Ізамерыя размяшчэння трайной сувязі	$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ пентын-1	$H_3C{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$ пентын-2

Алкіны ўтвараюць гамалагічны рад, агульная формула якога C_nH_{2n-2}.

Назвы вуглевадародаў з адной трайной сувяззю ўтвараюцца змяненнем суфікса -ан адпаведнага насычанага вуглевадароду на суфіксы -ін, -ын.

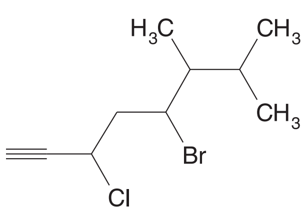
Пытанні і заданні

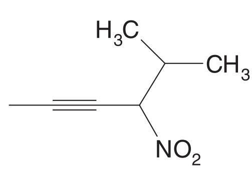
1. Прывядзіце агульную формулу алкінаў.

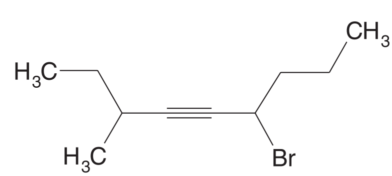
2. Складзіце структурную формулу алкіну C_5H_8 з разгалінаваным вугляродным ланцугом і назавіце яго па сістэматычнай наменклатуры.

3. Складзіце электронную формулу прапіну.

4. Назавіце па сістэматычнай наменклатуры наступныя злучэнні:







5. Растлумачце, у чым заключаецца асаблівасць будовы алкінаў у параўнанні з будовай алкенаў.

6. Разгледзьце розныя віды ізамерыі на прыкладзе алкіну C_6H_{10}.

7. Складзіце схему поўнага згарання прапіну.

§ 16. Фізічныя і хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне ацэтылену

<u>*Фізічныя ўласцівасці*</u>

Фізічныя ўласцівасці ацэтылену і яго гамолагаў разгледзім на прыкладзе некаторых прадстаўнікоў з неразгалінаваным ланцугом атамаў вугляроду. Іх назвы і важнейшыя фізічныя ўласцівасці прыведзены ў табліцы 15.

Табліца 15. **Фізічныя ўласцівасці алкінаў**

Назва	Адносная малекулярная маса	Агрэгатны стан пры пакаёвай тэмпературы	Тэмпература плаўлення, °C	Тэмпература кіпення, °C	Шчыльнасць, г/см^3
Этын	26	Газ	−169,4	−83,4	0,618
Прапін	40	Газ	−101,5	−23,3	0,671
Бутын-1	54	Газ	−122,5	8,6	0,668

Як відаць з даных табліцы, тэмпература кіпення алкінаў павялічваецца з павелічэннем іх адноснай малекулярнай масы.

<u>*Хімічныя ўласцівасці*</u>

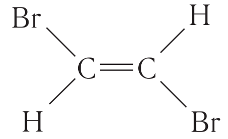
Найбольш характэрнымі хімічнымі ўласцівасцямі ацэтылену з'яўляюцца **рэакцыі далучэння**.

1) Далучэнне галагенаў

Ацэтылен абясколервае раствор брому ў тэтрахлорметане. Далучэнне галагенаў да ацэтылену, у адрозненне ад рэакцыі з этыленам, можа адбывацца ў адну або дзве стадыі. На першай стадыі разрываецца адна π-сувязь, а на другой — другая:

$H{-}C{\equiv}C{-}H + Br_2$

ацэтылен



1,2-дыбромэтэн

$$BrCH{=}CHBr + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} Br_2CH{-}CHBr_2$$

1,1,2,2-тэтрабромэтан

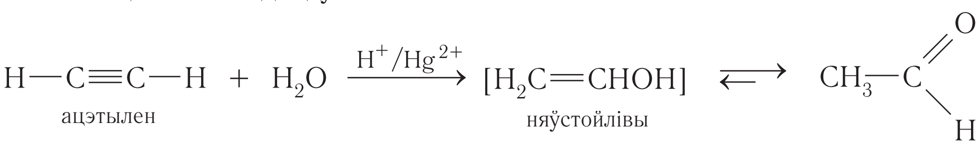
2) Далучэнне вадароду

Далучэнне вадароду да ацэтылену адбываецца пры награванні і ў прысутнасці каталізатараў:

$$\underset{\text{ацэтылен}}{H—C{\equiv}C—H} + H_2 \xrightarrow[+\,H_2]{Ni,\,t} \underset{\text{этылен}}{H_2C{=}CH_2} + H_2 \xrightarrow[+\,H_2]{Ni,\,t} \underset{\text{этан}}{H_3C—CH_3}$$

3) Далучэнне вады

Далучэнне да ацэтылену вады ў кіслым асяроддзі і ў прысутнасці каталітычных колькасцей солей двухвалентнай ртуці (**рэакцыя Кучарава**) прыводзіць да атрымання воцатнага альдэгіду:



ацэтылен — няўстойлівы — воцатны альдэгід

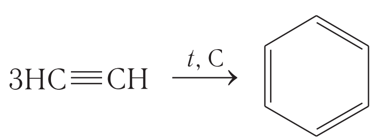
4) Далучэнне галагенавадародаў

Напрыклад, пры далучэнні лішку хлоравадароду да ацэтылену ўтвараецца 1,1-дыхлорэтан:

$$\underset{\text{ацэтылен}}{H—C{\equiv}C—H} + 2HCl \longrightarrow \underset{\text{1,1-дыхлорэтан}}{H_3C—CHCl_2}$$

5) Трымерызацыя ацэтылену

Пры прапусканні ацэтылену над актываваным вугалем пры 500 °C адбываецца ўтварэнне бензолу:



бензол

6) Поўнае акісленне (гарэнне)

Ацэтылен пры лішку кіслароду лёгка згарае з утварэннем вады і аксіду вугляроду(IV):

$$2C_2H_2 + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

<u>*Атрыманне і прымяненне ацэтылену*</u>

У прамысловасці ацэтылен раней атрымлівалі награваннем метану пры высокай тэмпературы:

$$2CH_4 \xrightarrow{1500\,°C} HC{\equiv}CH + 3H_2$$

У цяперашні час найбольш перспектыўным і больш эканамічным спосабам атрымання ацэтылену з'яўляецца рэакцыя метану з дазіраванай колькасцю кіслароду:

$$6CH_4 + O_2 \xrightarrow{1500\,°C} 2HC{\equiv}CH + 2CO + 10H_2$$

Пры бяспечных суадносінах аб'ёмаў газаў метану і кіслароду 6 : 1 утвараецца максімальная колькасць вадароду, спальванне якога выкарыстоўваюць для падтрымання высокай тэмпературы рэакцыі.

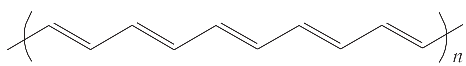
У лабараторыі ацэтылен атрымліваюць апрацоўкай карбіду кальцыю вадой:

$$\underset{\text{карбід кальцыю}}{CaC_2} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{ацэтылен}}{H{-}C{\equiv}C{-}H} + Ca(OH)_2$$

Карбід кальцыю, у сваю чаргу, атрымліваюць сплаўленнем аксіду кальцыю і вугалю ў электрычных печах:

$$CaO + 3C \xrightarrow{2000\,°C} CaC_2 + CO$$

Большасць палімераў з'яўляюцца добрымі ізалятарамі. Аднак вучоным удалося на аснове палімераў ацэтылену, «апрацаваных» ёдам, атрымаць токаправодзячыя палімеры, структуру якіх схематычна можна паказаць так:



Ацэтылен прымяняюць для утылізацыі хлоравадароду, які ўтвараецца ў якасці пабочнага прадукту пры атрыманні вінілхларыду з этылену:

$$CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{1,2-дыхлорэтан}}{CH_2Cl{-}CH_2Cl} \longrightarrow \underset{\text{вінілхларыд}}{CH_2{=}CHCl} + HCl$$

$$\underset{\text{вінілхларыд}}{CH_2{=}CHCl} \longleftarrow HC{\equiv}CH + HCl$$

Такім чынам атрымліваюць дадатковыя колькасці вінілхларыду.

Ацэтылен як зыходны прадукт для атрымання розных арганічных рэчываў у 40—50-х гадах мінулага стагоддзя замянілі на больш танны этылен. Ацэтылен у цяперашні час выкарыстоўваюць у асноўным для зваркі і рэзкі металаў, паколькі пры гарэнні ацэтылену ў чыстым кіслародзе развіваецца высокая тэмпература.

Для ацэтылену характэрны рэакцыі далучэння: галагенаў, вадароду, вады і галагенавадародаў.

У прамысловасці ацэтылен атрымліваюць піролізам метану з дазіраванай колькасцю кіслароду.

У лабараторыі ацэтылен атрымліваюць апрацоўкай карбіду кальцыю вадой.

Пытанні і заданні

1. Састаўце ўраўненне рэакцыі ацэтылену хімічнай колькасцю 1 моль з хлорам хімічнай колькасцю 2 моль і назавіце прадукт, які ўтвараецца, па сістэматычнай наменклатуры.

2. Прывядзіце ўраўненні рэакцый ацэтылену з наступнымі злучэннямі хімічнай колькасцю 1 моль: а) вадародам; б) бромавадародам.

3. Састаўце ўраўненні рэакцый атрымання ацэтылену двума спосабамі: а) з метану; б) з карбіду кальцыю.

4. Чаму ацэтылен у цяперашні час атрымліваюць з метану з дазіраванай колькасцю кіслароду? Прывядзіце тлумачэнні.

5. Дапоўніце схему ператварэнняў:

$$CH_4 \xrightarrow{O_2,\ 1500\,^\circ C} \ldots \xrightarrow[Ni]{2\ \text{моль}\ H_2} \ldots \xrightarrow{Br_2,\ h\nu} \ldots$$

6. Састаўце ўраўненні рэакцый атрымання ацэтылену з карбанату кальцыю.

7. Разлічыце аб’ём ацэтылену, які поўнасцю згарыць у кіслародзе аб’ёмам (н. у.) 220 $м^3$.

8. Сумесь ацэтылену, метану і этылену аб’ёмам 1 $дм^3$ рэагуе поўнасцю ў цемнаце з хлорам масай (н. у.) 3,5 г. Які аб’ём вадароду можа далучыцца да гэтай жа сумесі аб’ёмам 1 $дм^3$?

9. Вылічыце масу тэхнічнага карбіду кальцыю (масавая доля прымесей роўна 20 %), пры ўзаемадзеянні якога з вадой утвараецца ацэтылен, а затым бензол аб’ёмам 2 $дм^3$ (шчыльнасць 0,88 $г/см^3$).

РАЗДЗЕЛ 4

Араматычныя вуглевадароды (арэны)

Араматычныя вуглевадароды адносяцца да **цыклічных** ненасычаных арганічных злучэнняў. Гэта асобны клас арганічных злучэнняў, якія валодаюць асобымі хімічнымі ўласцівасцямі, непадобнымі на ўласцівасці ненасычаных злучэнняў.

Арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць у сваім саставе бензольныя ядры (кольцы), называюцца араматычнымі.

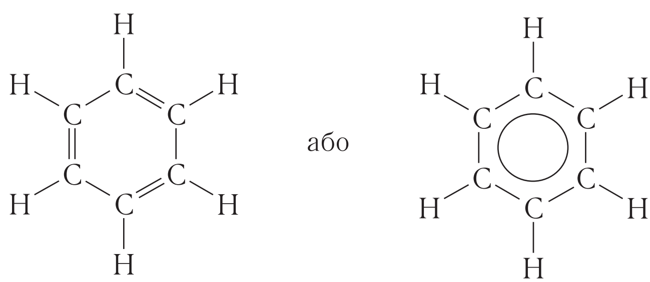
Назва «араматычныя» спачатку была дадзена групе розных арганічных злучэнняў, якія валодалі адной агульнай прыметай,— прыемным пахам. У цяперашні час тэрмін «араматычнасць» мае зусім іншы сэнс: вызначае круг арганічных рэчываў, якія валодаюць асобымі хімічнымі ўласцівасцямі.

§ 17. Бензол

Будову і ўласцівасці араматычных вуглевадародаў разгледзім на прыкладзе прасцейшага прадстаўніка — **бензолу**.

<u>*Будова*</u>

Малекулярная формула бензолу C_6H_6. Структурную формулу бензолу паказваюць некалькімі спосабамі:



1 або 2

Існаванне дзвюх структурных формул бензолу мае сваё эксперыментальнае абгрунтаванне. Структурная формула *1* была ўпершыню прапанавана нямецкім вучоным Ф. Кекуле.

Запіс фомулы бензолу *1* пацвярджаюць наступныя эксперыментальныя даныя: усе атамы вугляроду і вадароду ў малекуле бензолу ляжаць у адной плоскасці з валентнымі вугламі сувязей, роўнымі 120°, як у алкенаў. Другім пацвярджэннем формулы *1* з’яўляецца той факт, што для гідрыравання бензолу хімічнай коль-

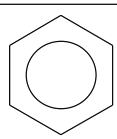
Фрыдрых Аўгуст Кекуле
(1829—1896)

Нямецкі хімік. Упершыню прапанаваў цыклічную формулу бензолу. Адзін са стваральнікаў тэорыі хімічнай будовы арганічных злучэнняў.

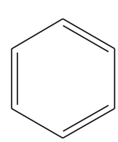
касцю 1 моль да цыклагексану патрабуецца вадарод хімічнай колькасцю 3 моль: на кожную двайную сувязь расходуецца вадарод хімічнай колькасцю 1 моль. Як відаць з запісу структурнай формулы *1*, двайныя сувязі ў малекуле бензолу чаргуюцца з адзінарнымі сувязямі. Вы ўжо ведаеце, што такое чаргаванне двайных і адзінарных сувязей, як у бутадыену-1,3, называецца спалучэннем.

Аднак параўнанне эксперментальных даных аб даўжынях сувязей (табл. 16) сведчыць аб тым, што ў малекуле бензолу няма двайных і няма адзінарных сувязей: даўжыні ўсіх C—C-сувязей аднолькавыя і роўны 0,140 нм. Гэта даўжэй за двайную і карацей за адзінарную сувязь, таму для бензолу выкарыстоўваюць таксама формулу *2*.

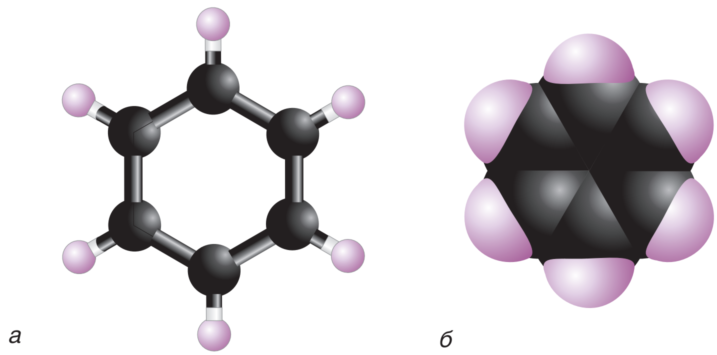
Табліца 16. **Характарыстыкі адзінарнай, кратных і іншых сувязей**

Злучэнне	Сувязь	Даўжыня сувязі, нм	Энергія сувязі, кДж/моль
$H_3C—CH_3$	C—C	0,154	347
$H_2C═CH_2$	C═C	0,134	612
HC≡CH	C≡C	0,120	838
		0,140	

У далейшым будзе выкарыстоўвацца *скарочаная* структурная формула бензолу:



Шарастрыжнёвая і маштабная мадэлі малекулы бензолу паказаны на малюнку 31 на старонцы 74.



Мал. 31. Шарастружнёвая (*а*) і маштабная (*б*) мадэлі малекулы бензолу

Фізічныя ўласцівасці

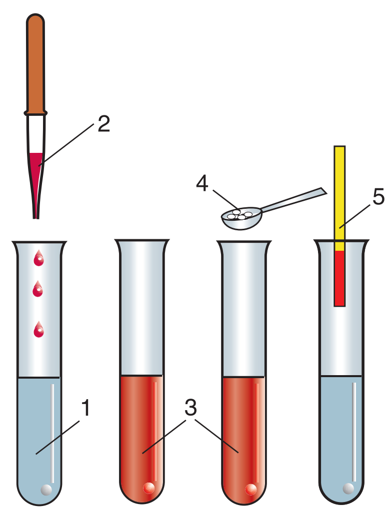
Бензол уяўляе сабой бясколерную вадкасць, якая моцна пераламляе, з характэрным пахам. Бензол лёгка крышталізуецца пры ахалоджванні (т. пл. 5,5 °C) і кіпіць пры 80,1 °C. Бензол адносіцца да надзвычай таксічных злучэнняў, і ўдыханне яго пары на працягу доўгага перыяду часу можа прывесці да сур'ёзных захворванняў крыві. Небяспечна не толькі ўдыханне пары, але і пранікненне вадкага рэчыва праз скуру. Першымі прыметамі атручвання з'яўляюцца галавакружэнне і галаўны боль.

Хімічныя ўласцівасці

Рэакцыі замяшчэння

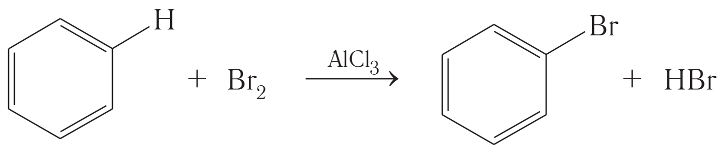
Усе **рэакцыі замяшчэння** ў бензолу адбываюцца такім чынам, што атамы вадароду малекулы бензолу замяшчаюцца на часціцы, якія маюць дадатны зарад.

1) Г а л а г е н а в а н н е. Пры апрацоўцы бензолу растворам брому ў тэтрахлорметане ў звычайных умовах ніякай рэакцыі не назіраецца, аднак у прысутнасці каталізатараў (Fe, $FeBr_3$, $AlCl_3$ і інш.) бензол уступае ў рэакцыю замяшчэння. Роля каталізатара заключаецца ў палярызацыі малекулы галагену з утварэннем комплексу $Br^+[FeBr_4]^-$.



Мал. 32. Рэакцыя бензолу з бромам: *1* — бензол; *2* — бром; *3* — раствор брому ў бензоле; *4* — $AlCl_3$; *5* — універсальная індыкатарная папера

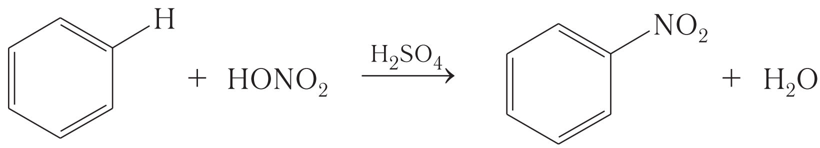
Напрыклад, бензол у прысутнасці любога з дадзеных каталізатараў рэагуе з бромам (мал. 32) або з хлорам нават пры пакаёвай тэмпературы:



бензол бромбензол

Як відаць з ураўнення брамавання, пры такіх суадносінах рэагентаў толькі адзін атам вадароду ў малекуле бензолу замяшчаецца на атам брому.

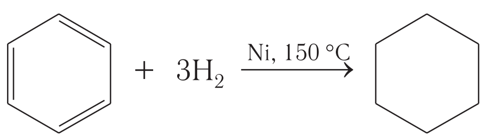
2) Н і т р а в а н н е. Другім прыкладам рэакцыі замяшчэння з'яўляецца ўзаемадзеянне бензолу з азотнай кіслатой, ролю каталізатара ў якой адыгрывае серная кіслата:



бензол нітрабензол

Рэакцыі далучэння

У жорсткіх умовах бензол можа ўступаць у **рэакцыі далучэння**. Напрыклад, у прысутнасці нікелю і пры награванні бензол далучае вадарод з утварэннем цыклагексану:



бензол цыклагексан

Акісленне

Бензол не рэагуе з растворам перманганату калію або іншых акісляльнікаў, разрыў кольца адбываецца толькі ў жорсткіх умовах.

Бензол гарыць на паветры з утварэннем полымя, якое курадыміць:

$$2C_6H_6 + 15O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 6H_2O$$

Усе атамы малекулы бензолу ляжаць у адной плоскасці, і даўжыні ўсіх С—С-сувязей роўныя паміж сабой.

Для бензолу характэрны рэакцыі замяшчэння. У жорсткіх умовах бензол можа падвяргацца рэакцыям далучэння.

Пытанні і заданні

1. Растлумачце, чаму будову малекулы бензолу паказваюць дзвюма living рознымі структурнымі формуламі.

2. Якім чынам, маючы ў наяўнасці бром, тэтрахлорметан і парашок жалеза, распазнаць тры вадкасці, якія знаходзяцца ў розных прабірках: гексан, гексен і бензол?

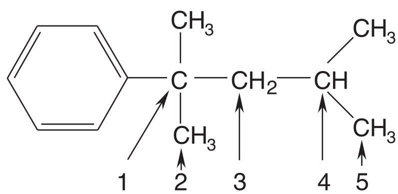
3. Складзіце структурныя формулы наступных злучэнняў: а) 1,2,4-трыэтылбензолу; б) 1,4-дыбромбензолу; в) 1,3,5-трыметылбензолу.

4. Пры дзеянні лішку брому на бензол хімічнай колькасцю 0,2 моль атрымалі бромбензол масай 29,83 г. Знайдзіце масавую долю выхаду бромбензолу ад тэарэтычнага (у %).

5. Вылічыце шчыльнасць пары бензолу па вадароду і паветры.

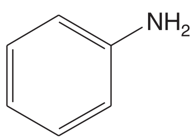
6. Вылічыце аб’ём бензолу (шчыльнасць 0,88 г/см^3), які знаходзіцца ў водным басейне аб’ёмам 500 000 м^3, куды па памылцы скінулі прамысловыя адходы ў межах дапушчальных нормаў (норма для бензолу — гранічная канцэнтрацыя — не павінна перавышаць 0,0005 г/дм^3).

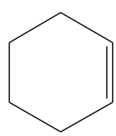
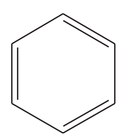
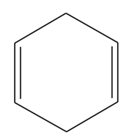
7. Прыведзена структура арганічнага злучэння:



Які з адзначаных лічбамі атамаў вугляроду знаходзіцца ў плоскасці бензольнага кольца? Растлумачце свой выбар.

8. Якія са злучэнняў, структурныя формулы якіх:

а) 

б) 
в) 
г) ,

адносяцца да араматычных злучэнняў? Адказ матывуйце.

9. Дапоўніце схему ператварэнняў:

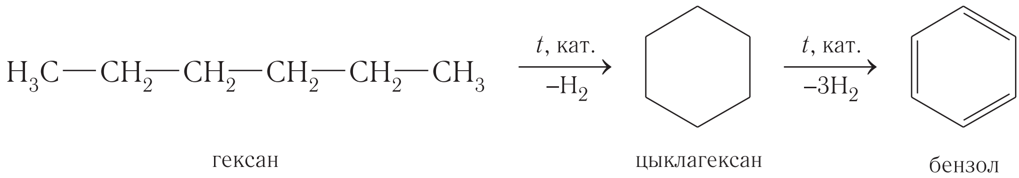
$$3H—C\equiv C—H \xrightarrow{C,\ 450\ ^\circ C} \ldots \xrightarrow{Cl_2,\ AlCl_3} \ldots$$

§ 18. Атрыманне і прымяненне араматычных злучэнняў

Атрыманне ў прамысловасці

Самы першы спосаб атрымання бензолу ў прамысловасці быў заснаваны на перагонцы каменнавугальнай смалы, якая ўтвараецца пры каксаванні вугалю.

Бензол у асноўным атрымліваюць пры тэрмічных і каталітычных ператварэннях (**араматызацыі**) некаторых прадуктаў перагонкі нафты. Спрошчаная схема атрымання бензолу з гексану прыведзена ніжэй:

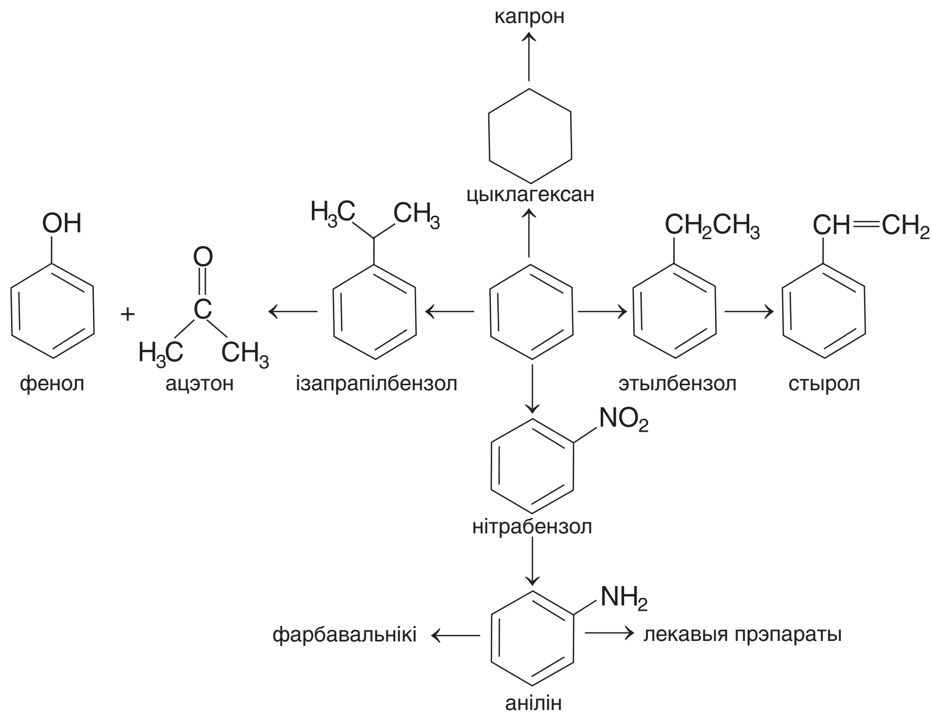


Асноўнымі крыніцамі прамысловага атрымання гамолагаў бензолу з'яўляюцца нафта і ў значна меншай ступені каменнавугальная смала. З гамолагаў бензолу найбольш вядомы *метылбензол* (*талуол*) і *этылбензол*. Этылбензол у асноўным выкарыстоўваюць для атрымання *стыролу*, які ў выніку радыкальнай полімерызацыі ператвараюць у *полістырол*.

Полістырол выкарыстоўваюць для вытворчасці цацак, прадметаў хатняга ўжытку і перапрацоўваюць у пенаполістырол, які прымяняюць як упаковачны і тэрмаізаляцыйны матэрыял.

Для атрымання араматычных злучэнняў у лабараторыі прымяняюць рэакцыі галагенавання, нітравання і інш.

Шматлікія вытворныя бензолу шырока прымяняюцца ў якасці растваральнікаў і паўпрадуктаў для розных галін хімічнай прамысловасці. Асноўныя ператварэнні бензолу і яго вытворных паказаны на малюнку 33.



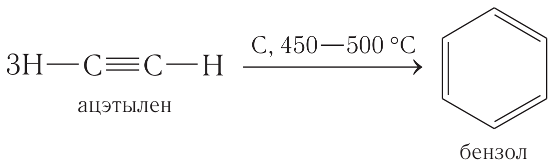
Мал. 33. Асноўныя ператварэнні бензолу

Узаемныя ператварэнні прадстаўнікоў розных класаў вуглевадародаў

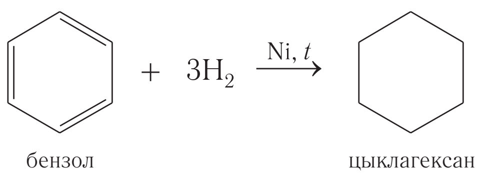
На малюнку 33 паказаны ператварэнні арганічных злучэнняў у межах аднаго класа — араматычных вуглевадародаў. Магчымасць такіх ператварэнняў заснавана на веданні хімічных уласцівасцей арганічных злучэнняў і неабходна хімікам для таго, каб сінтэзаваць неабходныя рэчывы. Большасць рэакцый вам знаёма, а з іншымі ператварэннямі вы пазнаёміцеся пры далейшым вывучэнні арганічнай хіміі.

Пры вывучэнні хімічных уласцівасцей вуглевадародаў вы ўжо неаднаразова пераконваліся, што рэчывы адных класаў можна атрымліваць з рэчываў другіх класаў.

Напрыклад, бензол можна атрымаць прапусканнем ацэтылену праз нагрэты актываваны вугаль:



Пры высокай тэмпературы і ў прысутнасці нікелевага каталізатара 1 моль бензолу можа далучаць 3 моль вадароду з утварэннем цыклагексану:



Найбольш даступнай і таннай сыравінай з'яўляюцца алканы, паколькі іх атрымліваюць пры перапрацоўцы нафты. Прадстаўнікі іншых класаў вуглевадародаў сінтэзуюцца пры прамысловай перапрацоўцы алканаў.

Усе ператварэнні вуглевадародаў, паказаныя ў табліцы 17, заснаваны на рэакцыях гідрыравання-дэгідрыравання. Гэтыя схемы ілюструюць ператварэнні пры прамысловых арганічных сінтэзах, якія ажыццяўляюцца на аснове перапрацоўкі нафты.

Араматычныя злучэнні атрымліваюць пры тэрмічнай і каталітычнай араматызацыі некаторых прадуктаў перагонкі нафты.

Араматычныя злучэнні прымяняюцца ў якасці зыходных рэчываў для атрымання пластмас, валокнаў, фарбавальнікаў, выбуховых рэчываў і іншых прадуктаў, а таксама як растваральнікі.

Табліца 17. **Узаемныя пераўтварэнні вуглевадародаў**

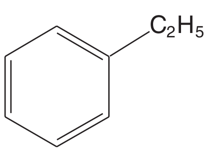
Класы арганічных злучэнняў	Умовы пераўтварэнняў	Класы арганічных злучэнняў
Алканы	$\xrightleftharpoons[+H_2,\ Ni,\ t]{750\ °C,\ кат.}$	Алкены
Алканы	$\xrightleftharpoons[+H_2,\ Pt]{1500\ °C}$	Алкіны
Алканы, цыклаалканы	$\xrightleftharpoons[+H_2,\ Pt]{Pt,\ 500\ °C,\ p}$	Араматычныя злучэнні
Алкены	$\xrightleftharpoons[+H_2,\ Ni,\ t]{t,\ кат.}$	Дыены
Алкены, алкіны	$\xrightleftharpoons[+H_2,\ Ni,\ t]{450—500\ °C,\ C\ (акт.)}$	Араматычныя злучэнні

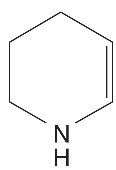
Пытанні і заданні

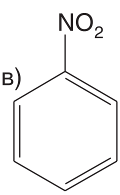
1. Прывядзіце схему атрымання бензолу з гексану.

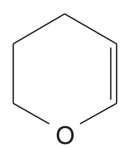
2. Пры дзеянні лішку хлору на бензол хімічнай колькасцю 0,1 моль атрымалі хлорбензол масай 9,8 г. Знайдзіце масавую долю выхаду хлорбензолу (у %).

3. Якія з рэчываў (іх структурныя формулы паказаны ніжэй) адносяцца да араматычных злучэнняў? Адказ матывуйце.

а) 

б) 

в) 

г) 

4. Дапоўніце схемы пераўтварэнняў:

а) $H—C{\equiv}C—H \xrightarrow{C,\ 450\,°C} \ldots \xrightarrow{3H_2,\ Ni,\ t} \ldots \xrightarrow{Br_2,\ h\nu} \ldots;$

б) $CH_3—(CH_2)_5—CH_3 \xrightarrow[-H_2]{t,\ кат.} \ldots \xrightarrow[-3H_2]{t,} \ldots \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} \ldots .$

5. Вылічыце выхад цыклагексану (%), калі пры пераўтварэнні бензолу масай 7,8 г у цыклагексан паглынуўся вадарод аб'ёмам (н. у.) 6,1 дм^3.

6. Вызначце масу бензолу, які ўступіў у рэакцыю, калі пры яго брамаванні ўтварыўся газ, які прапусцілі праз раствор нітрату серабра, і пры гэтым утварыўся асадак масай 3,2 г.

7. Прывядзіце схему атрымання араматычнага злучэння з гептану.

8. Якія араматычныя злучэнні можна атрымаць з прапіну? Прывядзіце іх структурныя формулы.

§ 19. Вуглевадароды ў прыродзе. Перапрацоўка нафты

Асноўнымі крыніцамі вуглевадародаў з'яўляюцца прыродны газ, нафта і каменны вугаль.

Прыродны газ у асноўным складаецца з метану і невялікіх прымесей этану, прапану і ізамерных бутанаў. Значна больш гамолагаў метану знаходзіцца ў спадарожных нафтавых газах, якія ў выглядзе звадкаванага газу прымяняюцца ў якасці паліва.

Нафта ўяўляе сабой у асноўным сумесь насычаных і цыклічных вуглевадародаў, якія змяшчаюць у саставе малекул да 50 і больш атамаў вугляроду.

Першы этап перапрацоўкі нафты заключаецца ў яе *перагонцы*. Існуе пэўная заканамернасць: чым большая адносная малекулярная маса вуглевадароду, тым вышэйшая яго тэмпература кіпення. Таму нафту перагонкай падзяляюць на асобныя часткі, або **фракцыі — сумесі розных рэчываў, якія маюць блізкія тэмпературы кіпення**. Асобныя фракцыі адрозніваюцца саставам і інтэрвалам тэмператур перагонкі (табл. 18).

Табліца 18. **Састаў фракцый перагонкі нафты**

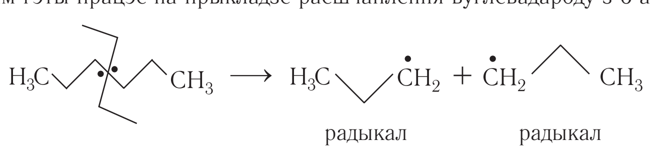
Фракцыя	Тэмпература перагонкі, °C	Лік атамаў вугляроду ў вуглевадародах фракцыі
Газы	ніжэй за 25	$C_1—C_4$
Петралейны эфір	40—100	$C_5—C_7$
Бензін	40—180	$C_5—C_{11}$
Авіяцыйнае паліва (газа)	120—315	$C_{12}—C_{18}$
Дызельнае паліва	180—350	C_{18} і вышэй

Петралейны эфір прымяняюць у якасці растваральніка. Газа выкарыстоўваецца ў якасці паліва для авіяцыйных рухавікоў. Газойль (дызельнае паліва) — паліва для дызельных рухавікоў (аўтамабілі і трактары).

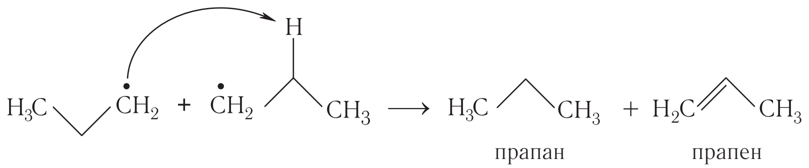
Для больш эфектыўнага выкарыстання нафты прымяняюць наступныя этапы перапрацоўкі фракцый нафты, якія заключаюцца ў працэсах расшчаплення (**крэкінгу**) вуглевадародаў вялікай адноснай малекулярнай масы на вуглевадароды з нізкай малекулярнай масай. Адрозніваюць *піроліз* і розныя віды крэкінгу: *тэрмічны* і *каталітычны*.

Тэрмічны крэкінг фракцый нафты праводзіцца пры тэмпературах 450—550 °C і прымяняецца для атрымання бензіну, а пры тэмпературах вышэй за 750 °C — для атрымання алкенаў.

Разгледзім гэты працэс на прыкладзе расшчаплення вуглевадароду з 6 атамамі вугляроду:



Хімічная сувязь C—C ажыццяўляецца парай электронаў, і пры высокай тэмпературы адбываецца яе разрыў з утварэннем **радыкалаў**. Радыкалы з'яўляюцца надзвычай рэакцыйназдольнымі і таму існуюць кароткі час. У прыватнасці, алкільны радыкал здольны адшчапляць вадарод ад іншага радыкала з утварэннем алкану і алкену:



Расшчапленне можа адбывацца па любой C—C-сувязі вуглевадароду, і таму пры крэкінгу фракцый нафты ўтвараюцца сумесі вуглевадародаў. Такім чынам, бензін уяўляе сабой сумесь вуглевадародаў з тэмпературай кіпення ад 40 °C да 200 °C.

Бензін, які ўтвараецца пры тэрмічным крэкінгу, мае невялікі *актанавы лік*.

Актанавы лік вуглевадароду з неразгалінаваным ланцугом — гептану — прыняты за 0, а актанавы лік вуглевадароду з разгалінаваным ланцугом — 2,2,4-трыметылпентану (ізаактану) — за 100.

У сучасных аўтамабільных рухавіках выкарыстоўваецца вялікае сцісканне (кампрэсія) паветрана-бензінавай сумесі. Пры сцісканні гаручай сумесі адбываецца яе награванне, і чым мацней сцісканне, тым вышэйшая тэмпература. Гэты фактар, а таксама назапашванне арганічных пераксідаў (ROOR) у сумесі прыводзіць да таго, што спакойнае гарэнне сумесі ў цыліндрах замяняецца на выбуховае (*дэтанацыю*), што значна памяншае магутнасць рухавіка. Антыдэтанацыйная трываласць вуглевадародаў залежыць ад іх будовы і вызначаецца актанавым лікам. Чым вышэйшы актанавы лік (80, 92, 95 і 98), тым лепшымі антыдэтанацыйнымі ўласцівасцямі валодае бензін (табл. 19). Напрыклад, актанавы лік бензіну 92 гаворыць аб тым, што дадзены бензін працуе ў рухавіку гэтак жа, як эксперыментальная сумесь вуглевадародаў, якая змяшчае 92 % ізаактану.

Табліца 19. **Актанавыя лікі некаторых вуглевадародаў**

Вуглевадарод	Актанавы лік	Вуглевадарод	Актанавы лік
Ізабутан	122	Этылбензол	124
Гексан	19	Ізапрапілбензол	132
Цыклагексан	110	1,4-Дыметылбензол	146
Талуол	124	1,2,4-Трыметылбензол	171

Раней для павышэння актанавага ліку паліва ўжывалі надзвычай ядавіты тэтраэтылсвінец $Pb(C_2H_5)_4$. У цяперашні час прымяняюць адзначаныя ў табліцы 19 і іншыя злучэнні з высокімі актанавымі лікамі.

Каталітычны крэкінг у прысутнасці каталізатараў з’яўляецца асноўным працэсам атрымання алканаў C_5-C_{11} з разгалінаваным вугляродным шкілетам, якія павышаюць актанавы лік бензіну. Напрыклад, ператварэнне бутану:

$$\underset{\text{бутан}}{H_3C-CH_2-CH_2-CH_3} \xrightarrow{\text{кат.}, t} \underset{\text{ізабутан (2-метылпрапан)}}{H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3}$$

Каля 95 % нафты перапрацоўваецца на бензін і іншыя віды паліва.

Толькі невялікая частка нафты выкарыстоўваецца як сыравіна для хімічнай прамысловасці.

Забруджванне навакольнага асяроддзя нафтай і прадуктамі яе перапрацоўкі

Забруджванне навакольнага асяроддзя нафтай пры яе транспарціроўцы ўжо не раз прыводзіла да экалагічных катастроф. Асабліва небяспечна з’яўленне нафты і нафтапрадуктаў у рэках, азёрах і морах, што прыводзіць не толькі да гібелі жывых арганізмаў, але і да забруджвання пітной вады.

Пры згаранні бензіну і іншых відаў паліва ўтвараюцца адпрацаваныя газы, якія змяшчаюць, акрамя аксіду вугляроду(IV) і вады, такія небяспечныя для здароўя чалавека газы, як аксід вугляроду(II) і аксіды азоту. У многіх краінах для памяншэння іх таксічнасці і ў аўтамабілях прымяняюць канвертары, якія змяшчаюць плаціну. З яе дапамогай адбываецца каталітычнае акісленне вуглевадародаў, што не згарэлі, аксіду вугляроду(II) і аксідаў азоту да CO_2, N_2 і O_2.

Іншым пабочным эфектам выкарыстання рухавікоў унутранага згарання з’яўляецца вылучэнне вялікай колькасці аксіду вугляроду(IV). Празмернае ўжыванне прыроднага газу і нафтапрадуктаў для ацяплення і іншых патрэб таксама прыводзіць да вылучэння вялікай колькасці CO_2.

Мал. 34. Забруджванне навакольнага асяроддзя нафтай

Верагодна, аксід вугляроду(IV), метан і галагеналканы, трапляючы ў атмасферу, прыводзяць да так званага *парніковага эфекту*, г. зн. павышэння тэмпературы нашай планеты.

Перапрацоўка фракцый нафты заключаецца ў тэрмічных і каталітычных працэсах расшчаплення (крэкінгу) вуглевадародаў з вялікай адноснай малекулярнай масай на вуглевадароды з нізкай малекулярнай масай.

У выніку каталітычнага крэкінгу атрымліваюць алканы з разгалінаваным вугляродным шкілетам, якія валодаюць высокім актанавым лікам.

Пытанні і заданні

1. Якія вуглевадароды змяшчаюцца ў прыродным газе?

2. Растлумачце, на падставе якіх прынцыпаў ажыццяўляецца перапрацоўка нафты.

3. Назавіце ўсе прадукты, якія могуць утварыцца пры тэрмічным крэкінгу: а) пентану; б) гептану.

4. Растлумачце, што азначае паняцце «бензін з актанавым лікам 95».

5. Якія асноўныя віды сыравіны для хімічнай прамысловасці выраблююцца пры перапрацоўцы нафты?

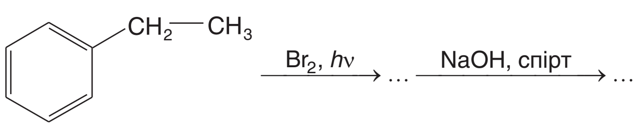
6. У 1 кг этыліраванага бензіну змяшчаецца прыблізна 0,5 г свінцу. Знайдзіце масу бензіну, які спажываецца аўтамабілем на працягу года, пры ўмове, што сярэдні гадавы прабег складае 8000 км з расходам бензіну 8 кг на 100 км шляху. Вылічыце: а) масу свінцу, які выкідваецца аўтамабілем на працягу года; б) сярэднюю масу свінцу, якая прыпадае на кожнага жыхара вобласці (лічачы насельніцтва вобласці 1,5 млн) на працягу года пры ўмове, што ў вобласці ёсць 10 000 аўтамабіляў; в) ацаніце небяспеку свінцовага атручвання, калі вядома, што чалавек утрымлівае каля 10 % свінцу, які спажываецца з ежай і паветрам, а таксічная канцэнтрацыя свінцу ў крыві складае 0,5 ppm (ppm — адна мільённая частка, г. зн. 0,0000005 %).

7. Дапоўніце схемы ператварэнняў:

а) $H_3C—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3 \xrightarrow{t,\ кат.} \ldots \xrightarrow[-2H_2]{t} \ldots \longrightarrow$ ізапрэнавы каўчук;

б) $H_3C—CH_3 \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} \ldots \xrightarrow[спірт]{KOH} \ldots \xrightarrow{кат.,\ t}$ поліэтылен.

8. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія дазваляюць ажыццявіць наступныя ператварэнні:



9. Лічачы, што ў бензіне масавая доля ізаактану складае 0,98, вылічыце аб'ём паветра (у $дм^3$), неабходнага для поўнага згарання бензіну аб'ёмам 10 $дм^3$ (шчыльнасць 0,692 $г/см^3$).

§ 20. Рашэнне разліковых задач

Разгледзім некалькі прыкладаў рашэння задач такіх тыпаў, як вывад формул арганічных рэчываў па агульнай формуле, якая адлюстроўвае іх састаў, па масавых долях элементаў, якія іх утвараюць, а таксама на падставе якаснага і колькаснага саставу рэчыва.

Прыклад 1. Вызначце малекулярную формулу алкану, адносная малекулярная маса якога роўна 44.

Рашэнне

1. Агульная формула алканаў C_nH_{2n+2}.

2. Значыць, $M_{C_nH_{2n+2}} = 12n + 2n + 2$, тады $12n + 2n + 2 = 44$, адкуль $n = 3$.

Формула алкану — C_3H_8.

Адказ: C_3H_8.

Прыклад 2. Вызначце малекулярную формулу алкану, масавая доля вадароду ў якім роўна 0,1724.

Рашэнне

1. Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюць пры рашэнні задачы:

$$C_nH_{2n+2};\ \omega_э = \frac{n \cdot M_э}{M_{рэч}}.$$

2. Вызначаем лік атамаў вугляроду ў 1 моль алкану:

$$\omega_H = \frac{2n+2}{12n+2n+2};\ 0{,}1724 = \frac{2n+2}{12n+2n+2},$$

адкуль $n = 4$.

Формула алкану — C_4H_{10}.

Адказ: C_4H_{10}.

Прыклад 3. Вызначце малекулярную формулу газападобнага алкану, шчыльнасць якога роўна 2,589 г/см³.

Рашэнне

1. Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца пры рашэнні задачы:

$$C_nH_{2n+2};\ \rho = \frac{m}{V_m}.$$

2. Значэнне малярнага аб'ёму:

$$V_m = 22{,}4\ дм^3/моль.$$

3. Вызначаем малярную масу алкану і далей — яго малекулярную формулу:

$$M_{C_nH_{2n+2}} = 58\ г/моль\ (2{,}589 \cdot 22{,}4);$$

$$12n + 2n + 2 = 58,\ n = 4.$$

Формула алкану — C_4H_{10}.

Адказ: C_4H_{10}.

Прыклад 4. Вызначце малекулярную формулу газападобнага аліфатычнага вуглевадароду, шчыльнасць якога роўна 1,786 г/см³.

Рашэнне

1. Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца пры рашэнні задачы:

$$\rho = \frac{m}{V_m};\ C_nH_{2n+2};\ C_nH_{2n};\ C_nH_{2n-2};$$

$$V_m = 22{,}4\ дм^3/моль.$$

2. Вызначаем малярную масу вуглевадароду і далей, пры даследаванні агульных формул вуглевадародаў, — яго формулу.

$$M = 40 \text{ г/моль } (1{,}786 \cdot 22{,}4).$$

а) Калі вуглевадарод належыць да алканаў, то $M_{C_nH_{2n+2}} = 40$, адкуль $n = 2{,}7$, што не адпавядае рашэнню.

б) Калі вуглевадарод належыць да алкенаў, то $M_{C_nH_{2n}} = 40$, адкуль $n = 2{,}86$, што не адпавядае рашэнню.

в) Калі вуглевадарод належыць да алкінаў, то $M_{C_nH_{2n-2}} = 40$, адкуль $n = 3$.

Такім чынам, вуглевадарод — алкін, формула якога C_3H_4.

Адказ: C_3H_4.

Прыклад 5. Пры спальванні невядомага алкіну хімічнай колькасцю 0,12 моль затрацілі кісларод аб'ёмам (н. у.) 6,72 дм^3. Вызначце малекулярную формулу вуглевадароду.

Рашэнне

1. Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца пры рашэнні задачы:

$$n = \frac{V}{V_m};\ C_nH_{2n-2}.$$

2. Значэнне малярнага аб'ёму:

$$V_m = 22{,}4 \text{ дм}^3\text{/моль}.$$

3. Вызначаем хімічную колькасць кіслароду і далей, на падставе аналізу ўраўнення гарэння вуглевадароду, — яго формулу.

$$n(O_2) = 0{,}3 \text{ моль } (6{,}72 : 22{,}4).$$

$$\underset{1\text{ моль}}{\overset{0{,}12\text{ моль}}{C_nH_{2n-2}}} + \underset{\frac{3n-1}{2}\text{ моль}}{\overset{0{,}3\text{ моль}}{\frac{3n-1}{2}O_2}} \longrightarrow nCO_2 + (n-1)H_2O$$

$$\frac{0{,}12(3n-1)}{2} = 0{,}3;\quad n = 2.$$

Формула алкіну — C_2H_2.

Адказ: C_2H_2.

Прыклад 6. Пры спальванні невядомага вуглевадароду масай 10,8 г атрымалі аксід вугляроду(IV) аб'ёмам (н. у.) 16,8 дм^3 і ваду масай 16,2 г. Адносная шчыльнасць пары вуглевадароду па паветры роўна 2,483. Вызначце формулу рэчыва і назавіце яго.

Рашэнне

1. Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца пры рашэнні задачы:

$$n = \frac{m}{M};\quad n = \frac{V}{V_m};\quad D_{пав} = \frac{M_{рэч}}{M_{пав}}.$$

2. Значэнні малярных мас, малярнага аб'ёму:

$$M_{H_2O} = 18\ г/моль;\ \ M_{пав} = 29\ г/моль;\ \ V_m = 22{,}4\ дм^3/моль;$$
$$M_C = 12\ г/моль;\ \ M_H = 1\ г/моль.$$

3. Вызначаем малярную масу невядомага вуглевадароду, яго хімічную колькасць і хімічную колькасць вуглякіслага газу і вады:

$$M_{рэч} = 72\ г/моль\ (2{,}483 \cdot 29);\ n_{рэч} = 0{,}15\ г/моль\ (10{,}8 : 72);$$
$$n_{CO_2} = 0{,}75\ моль\ (16{,}8 : 22{,}4);\ n_{H_2O} = 0{,}9\ моль\ (16{,}2 : 18).$$

4. Прааналізуем схему працэсу сгарання вуглевадароду і вызначым хімічную колькасць атрыманых прадуктаў рэакцыі ў разліку на 1 моль рэчыва. Далей хімічную колькасць вугляроду і вадароду ў саставе невядомага вуглевадароду:

$$\underset{1\ моль}{\overset{0{,}15\ моль}{C_xH_y}} + O_2 \longrightarrow \underset{x\ моль}{\overset{0{,}75\ моль}{CO_2}} + \underset{\frac{y}{2}\ моль}{\overset{0{,}9\ моль}{H_2O}}$$

$$x = 5\ (моль) \Rightarrow n_C = 5\ моль;$$

$$y = 12\ (моль) \Rightarrow n_H = 12\ моль.$$

Такім чынам, малекулярная формула вуглевадароду C_5H_{12} — пентан.

Адказ: C_5H_{12}.

Задачы для самастойнага рашэння

1. Вызначце малекулярную формулу алкану, у якім масавая доля вуглевадароду роўна 0,8333.

2. Вызначце малекулярную формулу газападобнага алкену, шчыльнасць якога роўна 1,875 г/дм^3.

3. Вызначце малекулярную формулу газападобнага аліфатычнага вуглевадароду, шчыльнасць якога 1,16 г/дм^3.

4. Невядомы вуглевадарод масай 6,96 г спалілі. Пры гэтым атрымалі вуглякіслы газ аб'ёмам (н. у.) 10,752 дм^3 і ваду масай 10,8 г. Шчыльнасць (н. у.) невядомага газападобнага вуглевадароду 2,589 г/см^3. Вызначце малекулярную формулу вуглевадароду.

5. На спальванне невядомага вуглевадароду хімічнай колькасцю 0,16 моль быў затрачаны кісларод аб'ёмам (н. у.) 16,128 дм^3. Вызначце малекулярную формулу вуглевадароду.

РАЗДЗЕЛ 5

СПІРТЫ І ФЕНОЛЫ

Спірты і *фенолы* адносяцца да кіслародзмяшчальных монафункцыянальных злучэнняў, малекулы якіх змяшчаюць адну або некалькі функцыянальных груп —OH.

§ 21. Спірты

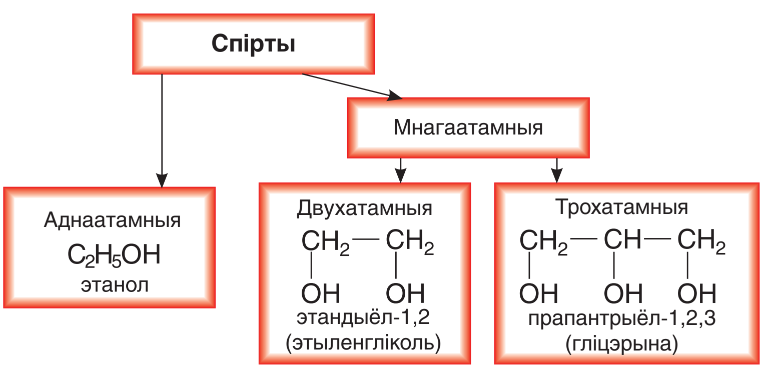
Спіртамі называюцца вытворныя вуглевадародаў, у малекулах якіх адзін або некалькі атамаў вадароду замешчаны на гідраксільную групу —OH.

Спірты класіфікуюць па ліку гідраксільных груп у малекуле, будове вугляроднага ланцуга, тыпу вугляроднага атама, з якім звязана гідраксільная група.

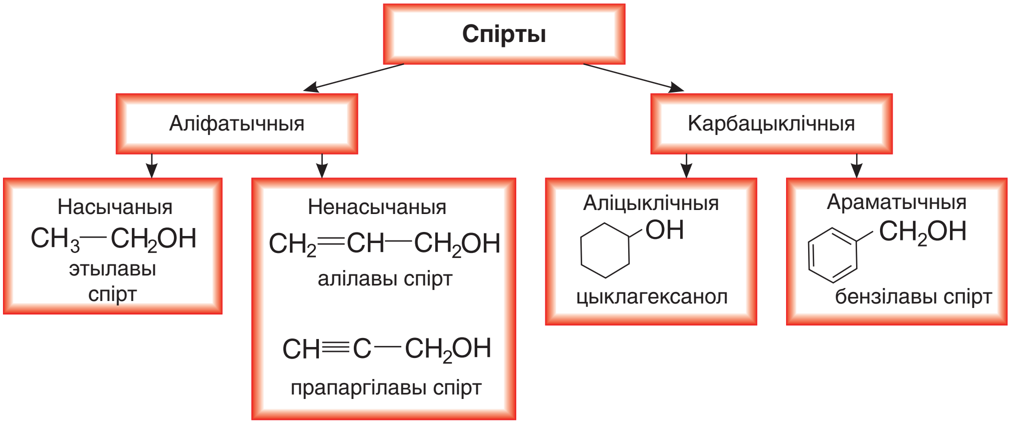
Па ліку гідраксільных груп у малекуле адрозніваюць *аднаатамныя* і *мнагаатамныя* спірты (двух-, трох-, чатырохатамныя і г. д.) (мал. 35). Напрыклад, CH_3OH (метанол) — аднаатамны спірт, $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$ (прапантрыёл) — мнагаатамны спірт.

Па будове вугляроднага ланцуга адрозніваюць спірты *насычаныя*, *ненасычаныя*, *араматычныя*.

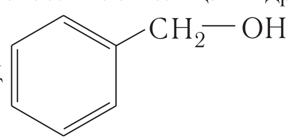
Насычаныя спірты — вытворныя алканаў, напрыклад $CH_3—CH_2—OH$. Ненасычаныя спірты — вытворныя ненасычаных вуглевадародаў, у малекулах якіх змяшчаюцца кратныя (двайныя і трайныя) сувязі паміж атамамі вугляроду, напрыклад $CH_2═CH—CH_2—OH$. Да араматычных адносяцца спірты, якія змя-

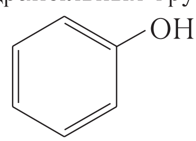


Мал. 35. Класіфікацыя спіртоў у залежнасці ад ліку гідраксільных груп



Мал. 36. Класіфікацыя спіртоў у залежнасці ад будовы вуглевадароднага ланцуга

шчаюць у малекуле бензольнае кольца і гідраксільную групу, звязаныя праз атам вугляроду, напрыклад  (мал. 36).

Калі ў малекулах арганічных злучэнняў гідраксільныя групы звязаны непасрэдна з атамам вугляроду бензольнага кольца , то такія злучэнні адносяцца да другога класа арганічных злучэнняў — *фенолаў*.

!? Некаторыя аднаатамныя ненасычаныя спірты, якія змяшчаюцца ў вінаградзе, з якога робяць віны, вызначаюць характэрны водар шэрага мускатных він і рыслінгаў. У працэсе старэння гэтых він аднаатамныя спірты ператвараюцца ў двухатамныя. Па канцэнтрацыі двухатамнага спірту, які ўтварыўся, можна меркаваць аб ступені старэння віна.

У залежнасці ад тыпу атама вугляроду, з якім звязана гідраксільная група, спірты класіфікуюць як *першасныя*, *другасныя*, *трацічныя*.

Гідраскільная група ў малекулах першасных спіртоў звязана з першасным атамам вугляроду, у малекулах другасных спіртоў — з другасным і ў малекулах трацічных спіртоў — з трацічным атамам вугляроду. Напрыклад:

$CH_3—CH_2—OH$
першасны спірт

$CH_3—CH(OH)—CH_3$
другасны спірт

$CH_3—C(CH_3)(OH)—CH_3$
трацічны спірт

Спірты — вытворныя вуглевадародаў, у малекулах якіх адзін або некалькі атамаў вадароду замешчаны на гідраксільную групу —OH.

Спірты класіфікуюць па ліку гідраксільных груп (атамнасць спіртоў), характары вуглевадароднага ланцуга, тыпу атама вугляроду, звязанага з гідраксільнай групай.

Пытанні і заданні

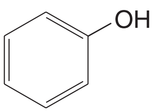
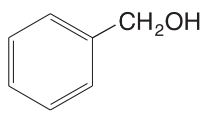
1. Якія арганічныя злучэнні адносяцца да класа спіртоў?

2. Назавіце прыметы, на аснове якіх можна класіфікаваць спірты.

3. З прыведзеных формул выберыце формулы спіртоў: а) аднаатамных; б) насычаных; в) ненасычаных; г) араматычных:

а) $\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$ б) $CH_2=CH-CH_2-OH$ в) C_2H_5OH

г) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ д) $CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$ е) $CH\equiv C-CH_2-OH$

ж)  з) 

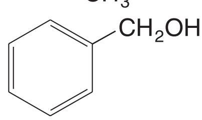
4. Ці можна спірты будовы

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH \quad і \quad CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$$

аднесці да адной групы спіртоў? Ці можна сцвярджаць, што дадзеныя структурныя формулы адпавядаюць аднаму і таму ж спірту?

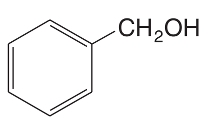
5. Назавіце прыметы, на аснове якіх можна класіфікаваць спірты, структурныя формулы якіх:

а) $\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$ б) $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2OH$ в) $CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$

г) $CH_2=CH-CH_2OH$ д) 

6. Укажыце, формулы якіх класаў рэчываў прыведзены ў наступных пераліках:

а) $CH\equiv CH$ $\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$ C_2H_5OH $CH_2=CH-CH=CH_2$

б) C_3H_7OH CH_3-CH_2OH  $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2OH$

7. Складзіце структурныя формулы спіртоў з неразгалінаваным вугляродным ланцугом: C_4H_9OH і C_3H_5OH. Укажыце, да якой групы спіртоў іх можна аднесці.

8. Вызначце малекулярную формулу спірту, калі вядома, што ў ім масавая доля (у %): а) вугляроду — 60,00, вадароду — 13,34, кіслароду — 26,66; б) вугляроду — 38,70, кіслароду — 51,62, вадароду — 9,68.

§ 22. Насычаныя аднаатамныя спірты

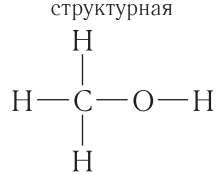
Будова

Насычанымі аднаатамнымі спіртамі называюцца вытворныя алканаў, у малекулах якіх адзін атам вадароду замешчаны на гідраксільную групу.

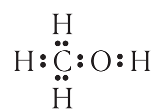
Прасцейшым прадстаўніком дадзенага класа спіртоў з'яўляецца *метанол* CH_3OH, малекулярная, структурная і электронная формулы якога:

малекулярная: CH_4O

структурная:



электронная:

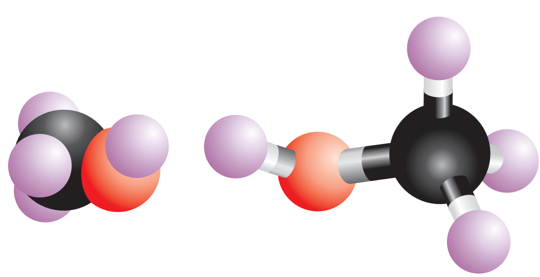


Шарастрыжнёвая і маштабная мадэлі малекулы метанолу паказаны на малюнку 37.

У арганічнай хіміі вядома вялікая група насычаных аднаатамных спіртоў, хімічны састаў і будова якіх выражаюцца агульнай формулай $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$. У агульным выглядзе формула аднаатамных спіртоў запісваецца R—OH, дзе R азначае алкільную групу.

Агульная формула насычаных аднаатамных спіртоў $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$.

$\mathbf{C_nH_{2n+2}O}$ — агульная формула, якая адлюстроўвае малекулярны састаў спіртоў.



а *б*

Мал. 37. Маштабная (*а*) і шарастрыжнёвая (*б*) мадэлі метанолу

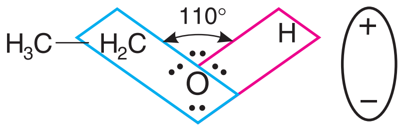
Формулы першых дзесяці членаў **гамалагічнага рада спіртоў**, у якіх функцыянальная група —OH знаходзіцца ля канцавога атама вугляроду, а таксама іх назвы дадзены ў табліцы 20.

Табліца 20. **Гамалагічны рад насычаных аднаатамных спіртоў**

Формула спірту		Назва спірту
якая адлюстроўвае хімічную будову	малекулярная	
CH_3OH	CH_4O	Метанол (метылавы спірт)
$CH_3—CH_2OH$	C_2H_6O	Этанол (этылавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2OH$	C_3H_8O	Прапанол-1 (прапілавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2OH$	$C_4H_{10}O$	Бутанол-1 (бутылавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2OH$	$C_5H_{12}O$	Пентанол-1 (амілавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2OH$	$C_6H_{14}O$	Гексанол-1 (гексілавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2OH$	$C_7H_{16}O$	Гептанол-1 (гептылавы спірт)
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2OH$	$C_8H_{18}O$	Актанол-1 (актылавы спірт)
$CH_3—CH_2—(CH_2)_5—CH_2—CH_2OH$	$C_9H_{20}O$	Нананол-1 (нанілавы спірт)
$CH_3—CH_2—(CH_2)_6—CH_2—CH_2OH$	$C_{10}H_{22}O$	Дэканол-1 (дэцылавы спірт)
	$C_nH_{2n+2}O$	Назва алкану + суфікс *-ол*

Паколькі электронная будова алканаў і адпавядаючых ім алкільных груп вамі ўжо вывучана, то пры вывучэнні спіртоў — вытворных алканаў — будзе разглядацца толькі электронная будова функцыянальнай групы спіртоў —OH. Менавіта гэта група вызначае важнейшыя хімічныя і фізічныя ўласцівасці спіртоў.

У састаў функцыянальнай групы спіртоў уваходзіць атам кіслароду, які валодае вялікай электраадмоўнасцю і з прычыны гэтага адцягвае да сябе электронную шчыльнасць σ-сувязей звязаных з ім атамаў вадароду і вугляроду $R \longrightarrow CH_2—O \longleftarrow H$. Па гэтай прычыне атам кіслароду набывае частковы адмоўны зарад, а атамы вада-



Мал. 38. Схема размеркавання электроннай шчыльнасці ў гідраксільнай групе

роду і вугляроду — часткова дадатныя зарады $R-\overset{\delta+}{C}H_2-\overset{\delta-}{O}-\overset{\delta+}{H}$.

Сувязі O—H і C—O палярныя. Валентны вугал COH блізкі да 110° (мал. 38).

Атам вадароду ў гідраксільнай групе за кошт моцнай палярызацыі сувязі $\overset{\delta-}{O} \longleftarrow \overset{\delta+}{H}$ становіцца больш рухомым, здольным адшчапляцца ў выглядзе пратону. У гэтым выпадку спірты праяўляюць кіслотныя ўласцівасці. У той жа час наяўнасць у малекуле спірту атама кіслароду, які мае дзве непадзеленыя пары электронаў, прадвызначае праяўленне спіртамі ўласцівасцей асноў. Такім чынам, спірты можна разглядаць як амфатэрныя злучэнні, што могуць праяўляць як уласцівасці кіслот, так і ўласцівасці асноў.

Наменклатура

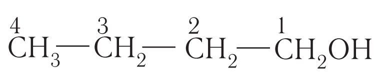
Па правілах наменклатуры ІЮПАК назвы насычаных аднаатамных спіртоў утвараюцца ад назваў адпаведных алканаў з дадаваннем суфікса **-ол**. Напрыклад, CH_3OH — метан**ол**, C_2H_5OH — этан**ол**.

Сістэматычная наменклатура дапускае ўжыванне назваў, звязаных з назвай алкільных груп, для ніжэйшых членаў рада.

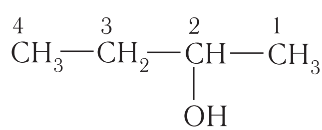
Напрыклад, CH_3OH — *метылавы спірт*, C_2H_5OH — *этылавы спірт* (гл. табл. 20).

Пры назве спіртоў з неразгалінаваным вугляродным ланцугом, пачынаючы з прапанолу, адзначаюць месцазнаходжанне функцыянальнай групы. Нумарацыя вугляродных атамаў пачынаецца з таго канца, бліжэй да якога знаходзіцца гідраксільная група. Называецца алкан, які адпавядае вугляроднаму ланцугу, з дадаваннем суфікса **-ол**, далей ставіцца дэфіс і лічба, што абазначае атам вугляроду, з якім звязана гідраксільная група.

Напрыклад:



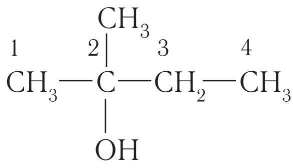
бутанол-1



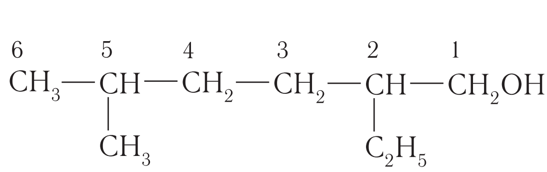
бутанол-2

Для назваў спіртоў з разгалінаваным вугляродным ланцугом выбіраюць самы доўгі ланцуг, які змяшчае функцыянальную гідраксільную групу, і нумаруюць з таго канца, да якога бліжэй знаходзіцца гідраксільная група. Замяшчальнікі пералічваюцца ў алфавітным парадку.

Напрыклад:



2-метылбутанол-2

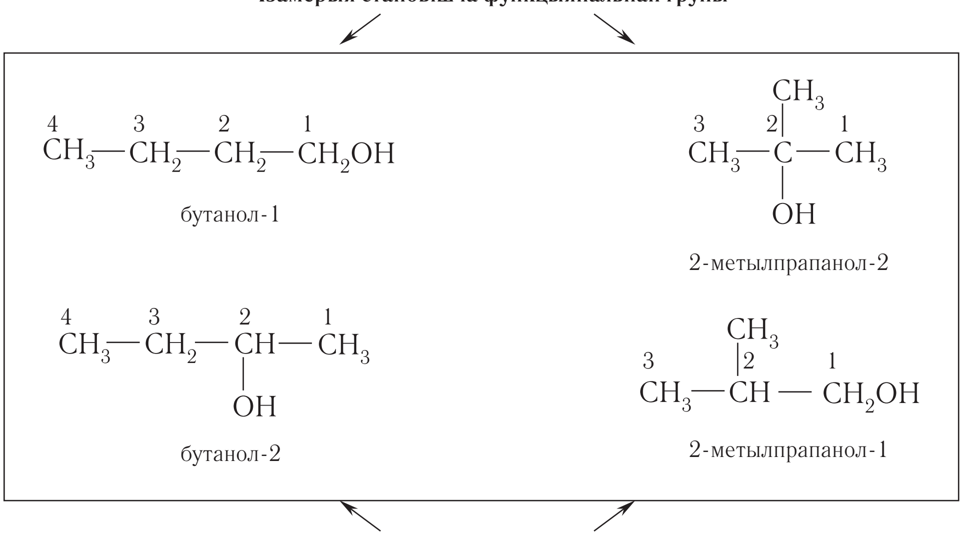


5-метыл-2-этылгексанол-1

Ізамерыя

Для насычаных аднаатамных спіртоў характэрна структурная ізамерыя. Структурная ізамерыя спіртоў можа вызначацца *ізамерыяй вугляроднага ланцуга* і *ізамерыяй становішча гідраксільнай групы*. Разгледзім прыклады ізамераў спіртоў саставу $C_4H_{10}O$.

Ізамерыя становішча функцыянальнай групы



Ізамерыя вугляроднага ланцуга

Першыя члены гамалагічнага рада — метанол CH_3OH і этанол C_2H_5OH — не маюць ізамераў спіртоў. Пачынаючы з прапанолу, лік структурных ізамераў у гамалагічным радзе спіртоў хутка ўзрастае. Напрыклад, бутанолы існуюць у выглядзе чатырох ізамераў, гептанолы — васьмі, а дэканолы — пяцісот сямідзесяці шасці.

Фізічныя ўласцівасці

Першыя прадстаўнікі гамалагічнага рада спіртоў (C_1 — C_{11}) пры пакаёвай тэмпературы — вадкасці, а пачынаючы са спірту $C_{12}H_{25}OH$ — цвёрдыя рэчывы. Такім чынам, сярод спіртоў дадзенага класа пры нармальных умовах адсутнічаюць газападобныя рэчывы.

Ніжэйшыя спірты валодаюць характэрным алкагольным пахам. Пах спіртоў, якія стаяць у сярэдзіне гамалагічнага рада — моцны і часта непрыемны, а вышэйшыя спірты (больш за C_{10}) практычна не маюць паху.

Ніжэйшыя спірты (C_1—C_3) змешваюцца з вадой у любых суадносінах, сярэднія спірты — абмежавана. Значыць, з павелічэннем адноснай малекулярнай масы растваральнасць спіртоў падае.

Спірты валодаюць анамальна высокімі тэмпературамі кіпення ў параўнанні з прадстаўнікамі алканаў з такой жа адноснай малекулярнай масай. Напрыклад, тэмпература кіпення этанолу 78 °C, а прапану — 42 °C.

У табліцы 21 прыводзіцца агрэгатны стан, тэмпературы кіпення і плаўлення некаторых спіртоў.

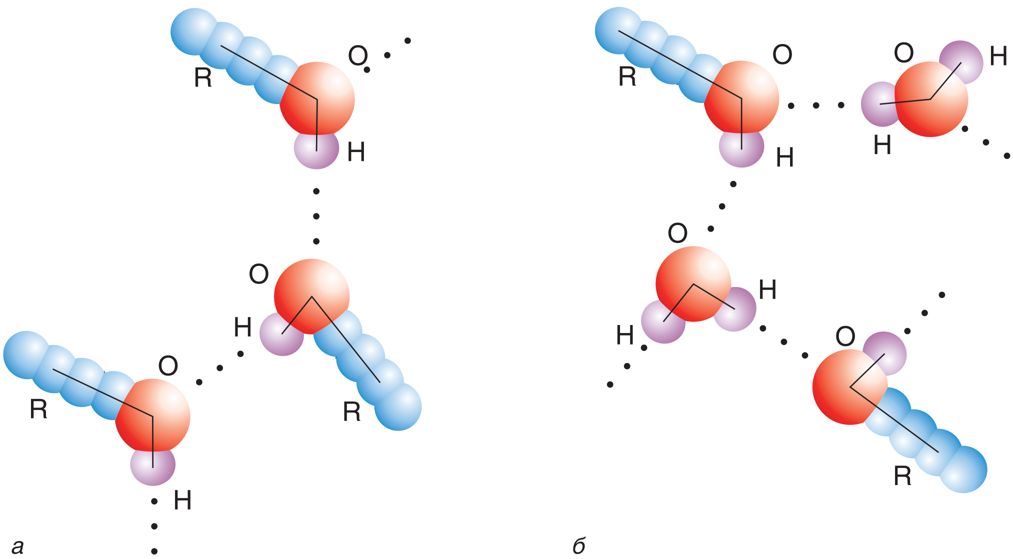
Табліца 21. **Некаторыя фізічныя ўласцівасці насычаных аднаатамных спіртоў**

Формула і назва спірту	Агрэгатны стан	Тэмпература, °C	
		кіпення	плаўлення
CH_3OH — метанол	Вадкасць	+64,7	−97,8
C_2H_5OH — этанол	Вадкасць	+78,3	−117,3
C_3H_7OH — прапанол-1	Вадкасць	+97,2	−127,0
C_4H_9OH — бутанол-1	Вадкасць	+117,7	−89,5
$C_5H_{11}OH$ — пентанол-1	Вадкасць	+138,0	−78,5

Прычынай больш высокіх тэмператур кіпення спіртоў у параўнанні з алканамі з аднолькавай адноснай малекулярнай масай з'яўляюцца міжмалекулярныя вадародныя сувязі, характэрныя для спіртоў. Сувязь O—H у малекуле спірту моцна палярызаваная $R \longrightarrow O \longleftarrow H$. На атаме вадароду ўзнікае частковы дадатны зарад. З прычыны гэтага такі атам вадароду можа прыцягвацца непадзеленай парай электронаў атама кіслароду другой малекулы спірту. Паміж дзвюма малекуламі ўзнікае міжмалекулярная вадародная сувязь. Графічна вадародную сувязь прынята абазначаць трыма кропкамі. Схема ўтварэння міжмалекулярнай вадароднай сувязі паказана на малюнку 39, *а*.

Нягледзячы на тое, што энергіі міжмалекулярных вадародных сувязей спіртоў не вялікія, вадародныя сувязі абумоўліваюць значную асацыяцыю малекул спіртоў, што і вядзе да павелічэння цеплаты выпарэння, а значыць, і тэмпературы кіпення.

Утварэннем міжмалекулярных вадародных сувязей паміж малекуламі спіртоў і вады (мал. 39, *б*) тлумачыцца добрая растваральнасць ніжэйшых спіртоў. З павелічэннем даўжыні ланцуга алкільных груп у вышэйшых спіртоў уплыў гідраксільнай групы на ўласцівасці малекулы становіцца менш значным, а павялічваецца ўплыў алкільнай групы.



Мал. 39. Схема ўтварэння вадароднай сувязі паміж малекуламі спірту (*а*) і малекуламі спірту і вады (*б*)

Насычанымі аднаатамнымі спіртамі называюцца вытворныя алканаў, у малекулах якіх адзін атам вадароду замешчаны на гідраксільную групу.

Агульная формула насычаных аднаатамных спіртоў $C_nH_{2n+1}OH$.

Структурная ізамерыя спіртоў абумоўлена розным парадкам сувязі паміж атамамі вугляроду ў вуглядродным ланцугу і розным становішчам гідраксільнай групы пры аднолькавым вугляродным ланцугу.

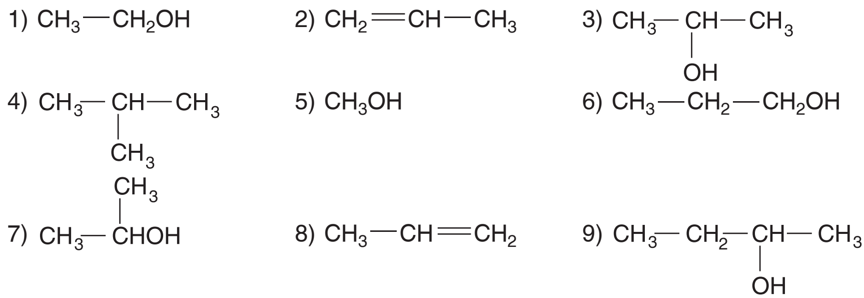
Вадародная сувязь робіць істотны ўплыў на фізічныя ўласцівасці спіртоў.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце азначэнне насычаных аднаатамных спіртоў і агульную формулу, якая адлюстроўвае іх хімічную будову; а таксама агульную формулу, якая адлюстроўвае малекулярны састаў спіртоў.
2. Растлумачце, якая са структурных формул — CH_3—O—CH_3 або CH_3—CH_2OH — адпавядае насычаным аднаатамным спіртам.
3. Ахарактарызуйце электронную будову гідраксільнай групы спіртоў.
4. Апішыце механізм утварэння вадароднай сувязі на прыкладзе этанолу і скажыце, у чым адрозненне вадароднай сувязі ад кавалентнай.
5. Якое з рэчываў — этэн ці этанол — можа ўтварыць міжмалекулярную вадародную сувязь і чаму?
6. Складзіце формулы ўсіх структурных ізамерных спіртоў, якія адпавядаюць саставу: а) $C_5H_{12}O$; б) $C_6H_{14}O$, і назавіце ізамеры па сістэматычнай наменклатуры.

7. Складзіце структурныя і малекулярныя формулы наступных рэчываў: а) бутанолу-1; б) 2-метылбутанолу-1; в) бутадыену-1,3; г) 2,3-дыметылпентанолу-1; д) бутэну-2; е) 2-бром-4-метылгексанолу-2.

8. З прыведзеных ніжэй формул выпішыце асобна: а) формулы гамолагаў і ізамераў спіртоў; б) формулы рэчываў іншых класаў, адзначыўшы, да якога класа арганічных рэчываў яны адносяцца:



9. Растлумачце, у чым заключаецца ўплыў вадароднай сувязі на фізічныя ўласцівасці спіртоў.

10. Сумарны лік пратонаў, якія змяшчаюцца ў ядрах атамаў усіх малекул невядомага насычанага аднаатамнага аліфатычнага спірту ў навесцы масай 14,8 г, роўны $5{,}0568 \cdot 10^{24}$. Вызначце малекулярную формулу спірту.

§ 23. Хімічныя ўласцівасці спіртоў

Характэрныя рэакцыі спіртоў вызначаюцца наяўнасцю ў структуры іх малекул гідраксільнай групы, атам кіслароду якой зрушвае электронную шчыльнасць як ад атама вадароду, так і ад атама вугляроду. Такая палярызацыя можа садзейнічаць разрыву сувязі O—H і C—O або абедзвюх сувязей адначасова.

Разгледзім важнейшыя хімічныя ўласцівасці спіртоў на прыкладзе аліфатычных насычаных аднаатамных спіртоў.

1) Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

Пры ўзаемадзеянні спіртоў со шчолачнымі металамі адбываецца разрыў сувязей O—H і замяшчэнне атама вадароду на атам металу з утварэннем злучэнняў — *алкаксідаў* (*алкагалятаў*) (мал. 40):

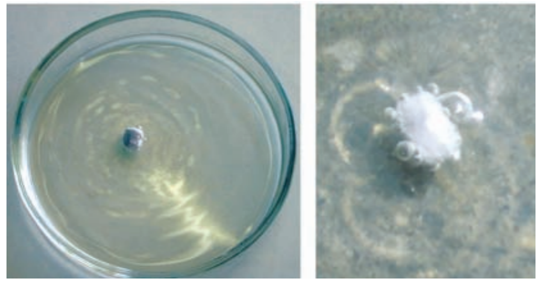
$$2R-OH + 2Na \longrightarrow 2R-ONa + H_2\uparrow$$

$$\underset{\text{этанол}}{2C_2H_5OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{этаналят натрыю}}{2C_2H_5ONa} + H_2\uparrow$$

У прысутнасці слядоў вільгаці алкаксіды (алкагаляты) раскладаюцца да зыходных спіртоў. Гэта даказвае, што спірты праяўляюць больш слабыя кіслотныя ўласцівасці, чым вада.

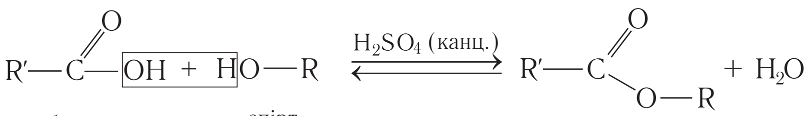
$$\underset{\text{этаналят натрыю}}{C_2H_5ONa} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{этанол}}{C_2H_5OH} + NaOH$$

Пры ўзаемадзеянні з металамі ў спіртоў праяўляюцца кіслотныя ўласцівасці, але да класа кіслот спірты не адносяцца, паколькі ступень іх дысацыяцыі нязначная. Таму водныя растворы спіртоў не змяняюць афарбоўку індыкатараў, і ў рэакцыях спіртоў са шчолачамі раўнавага сістэмы моцна зрушана ўлева.



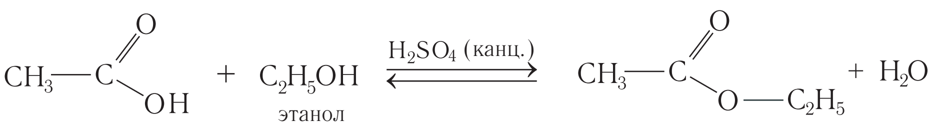
Мал. 40. Рэакцыя этанолу з натрыем

2) Узаемадзеянне з карбонавымі і мінеральнымі кіслотамі з утварэннем складаных эфіраў



карбонавая кіслата — спірт — складаны эфір

У рэакцыі з карбонавымі кіслотамі ад малекулы спірту адшчапляецца атам вадароду, а ад карбонавай кіслаты — гідраксігрупа. Рэакцыя абарачальная, але раўнавага зрушваецца ўправа ў прысутнасці канцэнтраванай сернай кіслаты:



этанавая (воцатная) кіслата — этанол (этылавы спірт) — этылэтанаат (этылавы эфір воцатнай кіслаты)

У рэакцыях з кіслародзмяшчальнымі мінеральнымі кіслотамі спірты ўтвараюць складаныя эфіры гэтых кіслот:

$$\underset{\text{этылавы спірт}}{C_2H_5O—H} + \underset{\text{серная кіслата}}{\underset{(H_2SO_4)}{HOSO_3H}} \rightleftarrows \underset{\text{этылгідрасульфат}}{C_2H_5—O—SO_3H} + H_2O$$

3) Узаемадзеянне з галагенавадародамі з утварэннем галагеналканаў

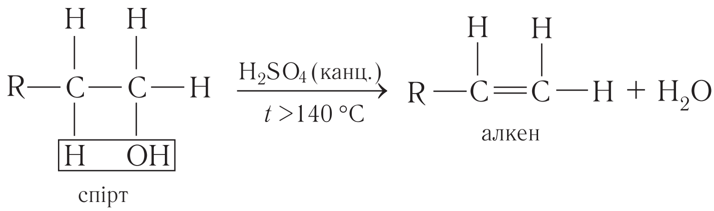
У рэакцыі з галагенавадародамі ў малекуле спірту адбываецца разрыў сувязі R—OH і замяшчэнне гідраксільнай групы на галаген:

$$\underset{\text{спірт}}{R—OH} + HHal \rightleftarrows \underset{\text{галагеналкан}}{RHal} + H_2O$$

$$\underset{\text{этанол}}{C_2H_5OH} + HBr \rightleftarrows \underset{\text{бромэтан}}{C_2H_5Br} + H_2O$$

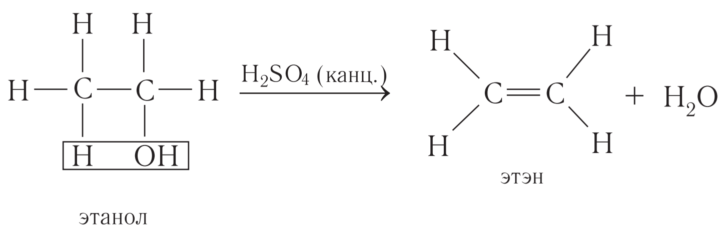
4) Унутрымалекулярная дэгідратацыя з утварэннем алкену

Першасныя спірты дэгідратуюцца пад дзеяннем каталізатара — канцэнтраванай сернай кіслаты пры высокіх тэмпературах (вышэй за 140 °C):



Рэакцыя дэгідратацыі абумоўлена адшчапленнем атама вадароду і гідраксільнай групы ад суседніх атамаў вугляроду.

Напрыклад, у выніку ўнутрымалекулярнага адшчаплення малекулы вады ад малекулы этанолу (пад дзеяннем каталізатара — канцэнтраванай сернай кіслаты) утвараецца этэн:



5) Рэакцыі акіслення

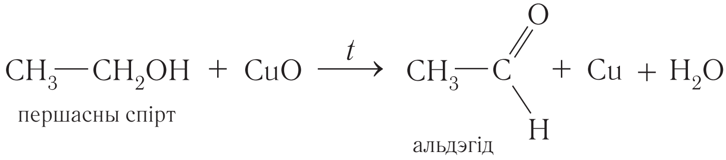
Спірты гараць на паветры або ў кіслародзе некуродымным полымем з вылучэннем вялікай колькасці цеплаты:

$$C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2\uparrow + 3H_2O + Q$$

Рэакцыя гарэння спіртоў абумоўлена наяўнасцю ў іх малекулах алкільных груп.

З больш слабым, чым кісларод, акісляльнікам, напрыклад аксідам медзі(II), адбываецца частковае акісленне спіртоў.

Першасныя спірты акісляюцца да альдэгідаў:

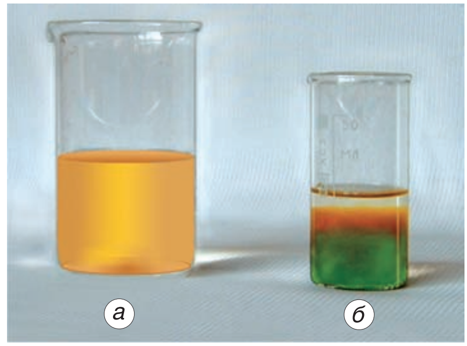


Пад дзеяннем такіх акісляльнікаў, як падкіслены раствор перманганату або біхрамату калію, першасныя спірты акісляюцца да альдэгідаў або кіслот:

$$\underset{\text{першасны спірт}}{CH_3{-}CH_2OH} \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H_2SO_4]{[O]} \underset{\text{альдэгід}}{CH_3{-}C\begin{matrix}\nearrow\!\!\!\!{}^{O}\\ \searrow H\end{matrix}}$$

Акісленне спірту, напрыклад этанолу, біхраматам калію да альдэгіду можна назіраць па змяненню афарбоўкі. У шклянку з загадзя прыгатаванай патрэбнай канцэнтрацыі сумесі раствору біхрамату калію і сернай кіслаты (мал. 41, *а*) дабаўляецца некалькі кропель этанолу. Назіраецца паступовае змяненне аранжавага колеру іона $Cr_2O_7^{2-}$ на зялёны (мал. 41, *б*). Зялёны колер паказвае на з'яўленне ў растворы іона Cr^{3+}.

Калі акісляльнік бярэцца ў лішкавай колькасці, то адбываецца далейшае акісленне альдэгідаў, якія ўтвараюцца, да адпаведных карбонавых кіслот.



Мал. 41. Акісленне этанолу біхраматам калію да альдэгіду

Кіслотна-асноўныя ўласцівасці спіртоў абумоўлены наяўнасцю ў іх малекулах функцыянальнай гідраксільнай групы.

Спірты ўзаемадзейнічаюць са шчолачнымі металамі, галагенавадародамі, карбонавымі і мінеральнымі кіслотамі; акісляюцца; дэгідратуюцца ў залежнасці ад будовы зыходнага спірту.

Пытанні і заданні

1. Укажыце, якія хімічныя рэакцыі спіртоў сведчаць ад наяўнасці кіслотных уласцівасцей.

2. Прывядзіце доказы таго, што спірты праяўляюць больш слабыя кіслотныя ўласцівасці, чым вада.

3. У чым прычына рознага дзеяння на індыкатары этанолу і салянай кіслаты?

4. Якія з рэчываў, формулы якіх прыведзены, будуць узаемадзейнічаць з: 1) этанолам; 2) прапанолам-1: а) Na, O_2, H_2O, HBr, H_2SO_4; б) K, CH_3COOH, $CH_3{-}CH_3$, H_2SO_4, O_2? Запішыце тры любыя ўраўненні рэакцый.

5. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

а) $C_2H_5OH \rightleftarrows C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5Cl$

б) $C_2H_5OH \longrightarrow$ складаны эфір

$\downarrow\uparrow$

C_2H_5ONa

6. Прывядзіце формулы магчымых рэчываў А і A_1 у схемеператварэнняў:

$$C_2H_2 \longrightarrow A \longrightarrow A_1 \longrightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$$

7. Прывядзіце прыклады трох арганічных рэчываў розных класаў, для якіх магчымы рэакцыі замяшчэння. Састаўце ўраўненні адпаведных рэакцый.

8. Вызначце масу атрыманага этаналяту ў рэакцыі этанолу масай 20,24 г і металічнага натрыю масай 8,28 г.

9. Якую хімічную колькасць бромавадароду неабходна ўзяць для рэакцыі з этанолам масай 44,16 г?

10. Вызначце: а) масавую долю этанолу ў растворы, атрыманым пры змешванні этанолу масай 36,8 г і раствору этанолу ў вадзе масай 200 г з масавай доляй спірту 4,6 % (шчыльнасць 1,0 г/см^3); б) малярную канцэнтрацыю атрыманага раствору.

11. Вызначце аб'ём (н. у.) кіслароду, затрачанага на спальванне этанолу масай 64,413 г, які змяшчае 0,02 % негаручых прымесей.

12. У працэсе дэгідратацыі невядомага насычанага аднаатамнага спірту масай 7,2 г вылучылася вада масай 2,16 г. Вызначце формулу спірту.

Лабараторны дослед 2

Акісленне этанолу аксідам медзі(II)

1. Наліце ў прабірку этанол аб'ёмам прыкладна 1 см^3.

2. Добра нагрэйце ў полымі спіртоўкі канец меднага дроту, скручанага ў спіраль, каб медзь пакрылася чорным налётам аксіду медзі(II), і апусціце гарачую медную спіраль у прабірку з этанолам.

3. Паўтарыце некалькі разоў (не менш за 6) аперацыю награвання меднай спіралі і ўнясення яе ў прабірку са спіртам.

4. Звярніце ўвагу на змяненні, якія адбываюцца са спіраллю, і з'яўленне паху. Састаўце ўраўненне рэакцыі.

§ 24. Атрыманне і прымянне спіртоў

Атрыманне

Для прамысловага атрымання многіх спіртоў служаць ненасычаныя вуглевадароды, якія здабываюць з нафтапрадуктаў, або галагенаалканы.

Пазнаёмімся з асноўнымі агульнымі прамысловымі і лабараторнымі спосабамі атрымання насычаных аднаатамных спіртоў і спецыфічнымі спосабамі атрымання этанолу і метанолу.

1. Адным з найбольш важных прамысловых спосабаў атрымання спіртоў з'яўляецца *гідратацыя алкенаў*.

Этанол атрымліваюць гідратацыяй этэну вадзяной парай пры павышанай тэмпературы (280—300 °С), павышаным ціску (7—8 мПа) і ў прысутнасці каталізатара (H_3PO_4):

$$\underset{\text{этэн}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O \xrightarrow{\text{кат, } p,\ t} \underset{\text{этанол}}{CH_3{-}CH_2OH}$$

2. Прамысловым спецыфічным спосабам атрымання этанолу з’яўляецца спосаб, заснаваны на расшчапленні глюкозы, якая выпрацоўваецца з цукразмяшчальных прадуктаў (зерне, бульба і інш.) пад дзеяннем ферментаў, што вылучаюцца некаторымі відамі дражджавых грыбоў. Такі спірт выкарыстоўваецца ў асноўным для вырабу спіртных напіткаў:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ферменты}} \underset{\text{этанол}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2\uparrow$$

Дадзеную рэакцыю называюць *спіртавым браджэннем* глюкозы.

3. У прамысловасці метанол атрымліваюць характэрным толькі для яго спосабам з *сінтэз-газу* пад ціскам і ў прысутнасці каталізатара:

$$\underset{\text{сінтэз-газ}}{CO + 2H_2} \xrightarrow{\text{кат.}, p, t} \underset{\text{метанол}}{CH_3OH}$$

Для атрымання спіртоў у лабараторыі выкарыстоўваюць галагеналканы.

Пры *гідролізе галагеналканаў* у водных растворах шчолачаў пры награванні ўтвараюцца спірты:

$$\underset{\text{галагеналкан}}{R{-}CH_2{-}CH_2Cl} + NaOH \xrightarrow{H_2O, t} \underset{\text{першасны спірт}}{R{-}CH_2{-}CH_2OH} + NaCl$$

Гідроліз галагеналканаў, які праводзіцца ў прысутнасці шчолачы (шчолачны гідроліз), з’яўляецца практычна неабарачальным працэсам.

Прымяненне

Спірты знаходзяць шырокае прымяненне. Разгледзім некалькі прыкладаў прамысловага выкарыстання важнейшых аднаатамных спіртоў.

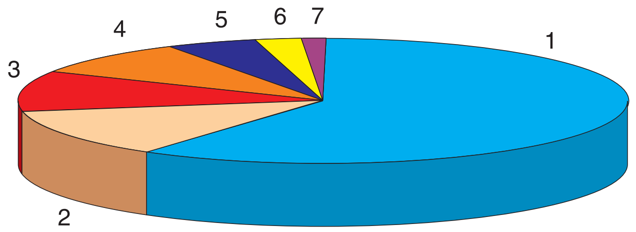
Метанол (метылавы спірт) CH_3OH шырока выкарыстоўваецца ў прамысловым арганічным сінтэзе як сыравіна для атрымання фармальдэгіду, які прымяняецца ў вытворчасці пластмас, і інш.

Трэба напомніць, што метанол — вельмі моцны яд. Ужыванне нават некалькіх грамаў метанолу прыводзіць да слепаты, а затым і смерці. Таму на пасудзінах, у якіх захоўваецца гэты тэхнічны спірт, ёсць надпіс «Метанол — яд». Гэта павінна служыць сур’ёзнай перасцярогай пры рабоце з ім.

Этанол (этылавы спірт) C_2H_5OH таксама шырока выкарыстоўваецца ў многіх галінах прамысловасці: лакафарбавай, фармацэўтычнай, выбуховых рэчываў, бытавой хіміі, кандытарскай і г. д. (мал. 42).

Этанол таксама з’яўляецца зыходнай сыравінай у прамысловым арганічным сінтэзе (дыэтылавы эфір, этылацэтат і іншыя эфіры і г. д.).

Спірт-рэктыфікат, які атрымліваецца ў прамысловасці, уяўляе сабой сумесь этанолу (масавая доля 95,6 %) і вады (масавая доля 4,4 %). Бязводны спірт



Мал. 42. Прымяненне этанолу: 1 — растваральнік; 2 — атрыманне дыэтылавага эфіру; 3 — атрыманне складаных эфіраў; 4 — атрыманне воцатнага альдэгіду; 5 — атрыманне воцатнай кіслаты; 6 — гаручае для рухавікоў; 7 — іншае

называецца *абсалютным* спіртам. Этанол, які атрымліваецца пры ферментатыўным расшчапленні розных харчовых прадуктаў, называецца *харчовым*.

Трэба памятаць, што этанол — свайго роду наркотык, які ўзбуджальна дзейнічае на арганізм чалавека. Нават невялікія дозы паніжаюць вастрыню зроку, запавольваюць рэакцыі і памяншаюць здольнасць цвяроза разважаць. Працяглае прымяненне спірту выклікае цяжкія захворванні нервовай і сардэчна-сасудзістай сістэм, разбурэнне печані і прыводзіць да заўчаснай смерці.

У этанол, які прымяняецца для тэхнічных мэт, спецыяльна дабаўляюць каляровыя і непрыемнапахнучыя рэчывы, такі спірт называюць *дэнатуратам*. Ужыванне дэнатурату смяротна небяспечна, як і метанолу.

Іншыя (ніжэйшыя) спірты выкарыстоўваюцца ў якасці растваральнікаў пры вырабе розных лакаў і фарбаў на прадпрыемствах лакафарбавай прамысловасці, адным з якіх з'яўляецца ААТ «Лакафарба» ў Лідзе.

Вышэйшыя спірты (C_{10} і больш) прымяняюць як сыравіну для вытворчасці некаторых мыйных сродкаў, а таксама антыкаразійных змазак і г. д.

Ненасычаны *алілавы спірт* $CH_2{=}CH{-}CH_2OH$ шырока прымяняецца ў вытворчасці гліцэрыны, алілавых эфіраў, якія выкарыстоўваюцца ў фармацэўтычнай і парфумернай прамысловасці.

Адным з важнейшых прамысловых спосабаў атрымання спіртоў з'яўляецца гідратацыя алкенаў.

Метанол у прамысловых маштабах у асноўным атрымліваюць з сінтэз-газу.

У лабараторыі спірты атрымліваюць з галагеналканаў.

Спірты з'яўляюцца важнейшай сыравінай для прамысловага арганічнага сінтэзу.

Метанол надзвычай ядавіты.

Пытанні і заданні

1. Пералічыце вядомыя вам прамысловыя і лабараторныя спосабы атрымання спіртоў.

2. Ахарактарызуйце хімічныя рэакцыі, якія ляжаць у аснове атрымання метанолу і этанолу.

3. Ахарактарызуйце рэакцыю гідратацыі бутэну-2.

4. Назавіце галіны прымянення метанолу і этанолу.

5. Ахарактарызуйце будову алілавага спірту і назавіце галіны яго прымянення.

6. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5ONa$;

б) $C_2H_2 \longrightarrow C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5Br \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5Br$;

в) $X \longrightarrow CH_3OH \longrightarrow CH_3ONa \xrightarrow{H_2O} X$;

г) $C_2H_5Cl \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5OH$.

7. Якія аб'ёмы раствору этанолу з масавай доляй спірту 95 % (шчыльнасць 0,8 г/см^3) і вады неабходна ўзяць для прыгатавання раствору масай 400 г з масавай доляй спірту 40 %?

8. Пры вытворчасці этанолу масай 437 кг быў зрасходаваны этэн аб'ёмам (н. у.) 235,2 м^3. Вызначце выхад прадукту рэакцыі.

9. Для вытворчасці метанолу масай 275,2 кг узяты сінтэз-газ аб'ёмам (н. у.) 604,8 м^3. Вызначце практычны выхад спірту і аб'ёмы вадароду і аксіду вугляроду(II) у газавай сумесі, якая засталася.

10. Масавая доля насычанага аднаатамнага спірту ў растворы роўна 0,46, а малярныя адносіны спірту і вады роўны 1 : 3. Вызначце формулу спірту.

§ 25. Рашэнне разліковых задач

Разгледзім некалькі прыкладаў рашэння разліковых задач такіх тыпаў, як разлікі па хімічных ураўненнях, калі адно з рэчываў, якое рэагуе, узята ў лішку, і вызначэнне малекулярных формул арганічных рэчываў на падставе якаснага і колькаснага саставу.

Спосаб рашэння задачы, як вам вядома, залежыць ад тыпу, да якога належыць разліковая задача, і яе канкрэтнага зместу.

У дадзеным параграфе будуць паказаны адзін прыклад рашэння рацыянальным спосабам задачы на лішак рэчыва, якое рэагуе, і чатыры рацыянальныя спосабы рашэння на вызначэнне малекулярнай формулы насычаных аднаатамных спіртоў. Усе спосабы рашэння задач, якія прапануюцца, маюць абагульняючы характар і могуць выкарыстоўвацца пры рашэнні вышэй паказаных тыпаў задач на матэрыяле іншых вучэбных тэм.

Прыклад 1. Вызначце масу хлорэтану, атрыманага ў рэакцыі, для якой быў узяты этанол масай 12,88 г і хлоравадарод аб'ёмам (н. у.) 5,824 дм^3 у прысутнасці $ZnCl_2$.

Рашэнне

1) Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца ў разліках:

$$n = \frac{m}{M};\ n = \frac{V}{V_m}.$$

2) Значэнні малярных мас рэчываў, малярны аб'ём:

$$M_{C_2H_5OH} = 46\ г/моль;\ M_{C_2H_5Cl} = 64{,}5\ г/моль;\ V_m = 22{,}4\ дм^3/моль.$$

3) Вызначаем хімічную колькасць спірту і хімічную колькасць хлоравадароду, узятых для рэакцыі:

$$n_{C_2H_5OH} = 0{,}28\ моль\ (12{,}88 : 46);\ n_{HCl} = 0{,}26\ моль\ (5{,}824 : 22{,}4).$$

4) На падставе аналізу ўраўнення рэакцыі вызначаем, якое з рэчываў узята ў лішку, а потым разлічваем хімічную колькасць і масу прадукту рэакцыі:

$$\underset{1\ моль}{\overset{0{,}28\ моль}{C_2H_5OH}} + \underset{1\ моль}{\overset{0{,}26\ моль}{HCl}} \longrightarrow \underset{1\ моль}{\overset{x\ моль}{C_2H_5Cl}} + H_2O;$$

$$\frac{0{,}28}{1} > \frac{0{,}26}{1}.$$

Такім чынам, спірт узяты ў лішку. Разлікі прадукту рэакцыі праводзяцца на падставе даных іншага рэагенту — хлоравадароду.

$$x = \frac{0{,}26\ моль \cdot 1\ моль}{1\ моль} = 0{,}26\ моль;$$

$$n_{C_2H_5Cl} = 0{,}26\ моль;\ m_{C_2H_5Cl} = 16{,}77\ г\ (0{,}26 \cdot 64{,}5).$$

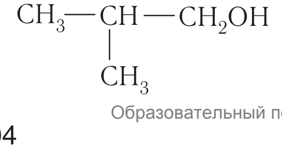
Адказ: $m_{C_2H_5Cl} = 16{,}77$ г.

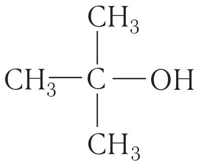
Прыклад 2. Масавая доля вугляроду ў насычаным аднаатамным спірце роўна 0,6486. Вызначце малекулярную формулу спірту. Састаўце структурныя формулы магчымых ізамераў і назавіце іх.

Рашэнне

1) Для рашэння задачы выкарыстоўваем агульную формулу $w_э = \frac{m_э}{m_{рэч}}$ і агульную формулу гамалагічнага рада спіртоў $C_nH_{2n+2}O$:

$$0{,}6486 = \frac{12n}{12n + 2n + 2 + 16},\ адкуль\ n = 4.$$

2) Вызначаем формулу шуканага спірту і правяраем, ці дакладны адказ задачы:
$C_nH_{2n+2}O$ — $C_4H_{10}O$ — бутанол;
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2OH$ — бутанол-1;
$CH_3—CH_2—CH(OH)—CH_3$ — бутанол-2;

— 2-метылпрапанол-1;

 — 2-метылпрапанол-2.

Адказ: $C_4H_{10}O$.

Прыклад 3. У выніку рада паслядоўных рэакцый з насычанага вуглевадароду (алкану) масай 55 г атрыманы насычаны аднаатамны спірт масай 75 г з тым жа лікам атамаў вугляроду ў малекуле, што і ў алкану. Вызначце малекулярную формулу спірту і састаўце формулы ўсіх магчымых структурных ізамераў.

Рашэнне

1) Аналіз схемы працэсу атрымання спірту паказвае, што з алкану хімічнай колькасцю 1 моль атрымліваюць спірт хімічнай колькасцю 1 моль:

$$\underset{1\ \text{моль}}{C_nH_{2n+2}} \longrightarrow \underset{1\ \text{моль}}{C_nH_{2n+2}O}.$$

2) Розніца мас рэчываў, якія былі ўзяты і атрыманы, роўна 20 г (75 − 55). Розніца малярных мас спірту і алкану роўна 16, што добра відаць пры аналізе агульных формул алканаў і насычаных аднаатамных спіртоў:

$C_nH_{2n+2}O$ — насычаны спірт;
C_nH_{2n+2} — алкан.

3) Выкарыстаўшы агульную формулу $n = \frac{\Delta m}{\Delta M}$, вызначым хімічную колькасць атамарнага кіслароду, які змяшчаецца ў спірце хімічнай колькасцю 1 моль, а значыць, і хімічную колькасць спірту, бо 1 моль спірту змяшчае 1 моль атамарнага кіслароду:

$$n = \frac{20}{16} = 1{,}25\ (\text{моль}).$$

4) Ведаючы хімічную колькасць і масу спірту, вызначаем яго малярную масу:

$$n = \frac{m}{M}; \qquad M_{C_nH_{2n+2}O} = \frac{75\ \text{г}}{1{,}25\ \text{моль}} = 60\ \text{г/моль};$$

$$M_{C_nH_{2n+2}O} = 60\ \text{г/моль, адкуль}\ n = 3.$$

Такім чынам, малекулярная формула спірту C_3H_8O, а структурныя формулы магчымых ізамераў:

$$CH_3—CH_2—CH_2OH \qquad\qquad CH_3—CH(OH)—CH_3$$

Адказ: C_3H_8O, $CH_3—CH_2—CH_2OH$, $CH_3—CH(OH)—CH_3$.

Прыклад 4. Пры гідратацыі алкену масай 34,44 г атрымалі насычаны аднаатамны спірт масай 49,20 г. Вызначце малекулярную формулу спірту, назавіце яго.

Рашэнне

1) Аналіз схемы рэакцыі гідратацыі паказвае, што для гідратацыі алкену хімічнай колькасцю 1 моль патрабуецца вада хімічнай колькасцю 1 моль. Значыць, розніца мас алкену і спірту і ёсць маса далучанай вады:

$$\underset{1\ \text{моль}}{C_nH_{2n}} + \underset{1\ \text{моль}}{H_2O} \longrightarrow \underset{1\ \text{моль}}{C_nH_{2n+2}O}$$

$$\Delta m = 14{,}76\ \text{г}\ (49{,}20 - 34{,}44);\ m_{H_2O} = 14{,}76\ \text{г}.$$

2) Вызначаем хімічную колькасць вады, а затым хімічную колькасць і малярную масу спірту:

$$n = \frac{m}{M};$$

$$n_{H_2O} = 0{,}82\ \text{моль}\ (14{,}76 : 18);$$

$$n_{C_nH_{2n+2}O} = 0{,}82\ \text{моль, тады}\ M_{C_nH_{2n+2}O} = 60\ \text{г/моль}\ (49{,}20 : 0{,}82).$$

Калі $M_{C_nH_{2n+2}O} = 60$ г/моль, тады $n = 3$.

Малекулярная формула спірту C_3H_8O — гэта прапанол.

Адказ: прапанол.

Прыклад 5. Вызначце малекулярную формулу арганічнага рэчыва, адносная шчыльнасць пары якога па паветры роўна 2,552, калі пры спальванні яго масай 16,28 г утварыліся вуглекіслы газ аб'ёмам (н. у.) 19,712 дм^3 і вада масай 19,8 г.

Рашэнне

1) Вызначым малярную масу невядомага рэчыва, яго хімічную колькасць, а таксама хімічныя колькасці аксіду вугляроду(IV) і вады, якія ўтварыліся:

$$n = \frac{m}{M};\ n = \frac{V}{V_m};\ D_{\text{пав}} = \frac{M_{\text{рэч}}}{M_{\text{пав}}};\ M_{\text{рэч}} = 74\ \text{г/моль}\ (29 \cdot 2{,}552).$$

$$M_{H_2O} = 18\ \text{г/моль},\ V_m = 22{,}4\ \text{дм}^3/\text{моль};$$

$$n_{\text{рэч}} = 0{,}22\ \text{моль}\ (16{,}28 : 74);\ n_{H_2O} = 1{,}1\ \text{моль}\ (19{,}8 : 18);$$

$$n_{CO_2} = 0{,}88\ \text{моль}\ (19{,}712 : 22{,}4).$$

2) Прааналізуем схему працэсу гарэння рэчыва, маючы на ўвазе, што ў яго састаў уваходзілі вуглярод і вадарод. Далей вызначым колькасць іх атамаў у рэчыве хімічнай колькасцю 1 моль:

$$\overset{0{,}22\ \text{моль}}{\underset{1\ \text{моль}}{C_xH_y}} + O_2 \longrightarrow \overset{0{,}88\ \text{моль}}{\underset{x\ \text{моль}}{xCO_2}} + \overset{1{,}1\ \text{моль}}{\underset{\frac{y}{2}\ \text{моль}}{\frac{y}{2}H_2O}};$$

$$x = 4 \Rightarrow n_C = 4\ \text{моль};$$

$$y = 10 \Rightarrow n_H = 10\ \text{моль}.$$

Формула рэчыва C_4H_{10}.

3) Калі формула рэчыва C_4H_{10}, то яго малярная маса роўна 58 г/моль. Але малярная маса шуканага рэчыва 74 г/моль. Значыць, у невядомым рэчыве хімічнай колькасцю 1 моль змяшчаецца атамарны кісларод хімічнай колькасцю 1 моль ($74 - 58 = 16$).

Малекулярная формула рэчыва $C_4H_{10}O$.

Адказ: $C_4H_{10}O$.

Задачы для самастойнага рашэння

1. Вызначце аб'ём (н. у.) вадароду, які вылучыўся ў рэакцыі, для якой быў узяты метанол хімічнай колькасцю 0,18 моль і натрый масай 3,68 г.

2. Масавая доля вугляроду ў насычаным аднаатамным спірце роўна 0,6818. Вызначце малекулярную формулу спірту і састаўце структурныя формулы шасці ізамерных спіртоў, якія адпавядаюць малекулярнай формуле.

3. Насычаны аднаатамны спірт масай 21,16 г атрыманы з алкану масай 13,80 г. Лік атамаў вугляроду ў малекулах спірту і алкану аднолькавы. Вызначце формулу спірту.

4. Пры гідратацыі алкену масай 15,68 г атрыманы насычаны аднаатамны спірт масай 20,72 г. Вызначце малекулярную формулу спірту і назавіце яго.

5. Пры спальванні пары невядомага арганічнага рэчыва масай 14,40 г утварыўся вуглякіслы газ аб'ёмам (н. у.) 16,128 $дм^3$ і вада масай 17,28 г. Адносная шчыльнасць пары невядомага рэчыва па гелію роўна 15. Вызначце малекулярную формулу рэчыва і ўкажыце, да якога класу арганічных рэчываў яго можна аднесці.

§ 26. Мнагаатамныя спірты

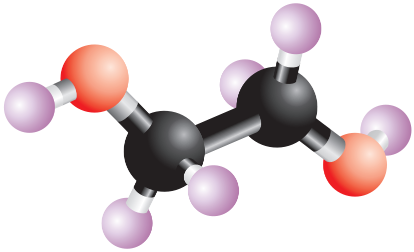
Мнагаатамнымі называюцца спірты, якія змяшчаюць у малекуле дзве і больш гідраксільныя групы, што знаходзяцца пры розных атамах вугляроду.

Двухатамныя спірты — *гліколі,* трохатамныя спірты — *гліцэрыны.*

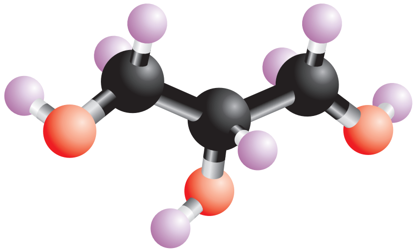
З некаторымі характарыстыкамі двух прадстаўнікоў мнагаатамных спіртоў — двухатамным спіртам этыленгліколем $CH_2OH—CH_2OH$ і трохатамным спіртам гліцэрынай $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$ — вы пазнаёміліся раней. У гэтым параграфе будуць дадзены больш падрабязныя звесткі аб гэтых двух мнагаатамных спіртах.

Будова. Фізічныя ўласцівасці

Этыленгліколь $CH_2OH—CH_2OH$ — прасцейшы прадстаўнік двухатамных спіртоў, або гліколяў. Па правілах наменклатуры ІЮПАК этыленгліколь называ-



Мал. 43. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы этыленгліколю



Мал. 44. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы гліцэрыны

юць этандыёл-1,2. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы этыленгліколю прыведзена на малюнку 43.

Этыленгліколь — бясколерная масляністая вадкасць, якая змешваецца з вадой у любых суадносінах, моцны яд.

Гліцэрына $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$ з'яўляецца прасцейшым прадстаўніком трохатамных спіртоў і носіць назву, якая склалася гістарычна.

Па правілах наменклатуры ІЮПАК гліцэрыну называюць прапантрыёл-1,2,3. Правіламі ІЮПАК дапускаюцца назвы *этыленгліколь* і *гліцэрына*. Шарастрыжнёвая мадэль малекулы гліцэрыны прыведзена на малюнку 44.

Гліцэрына — бясколерная маслянiстая вадкасць, без паху, мае саладкаваты смак. Яна змешваецца ў любых суадносінах з вадой, этанолам, метанолам; гіграскапічная і ў адрозненне ад этыленгліколю не ядавітая.

Упершыню гліцэрына была атрымана ў 1779 г. шведскім хімікам і фармацэўтам К. В. Шэеле пры награванні тлушчу з аксідам свінцу.

Хімічныя ўласцівасці

Для двух- і трохатамных спіртоў, значыць, і для этыленгліколю і гліцэрыны характэрны ўсе рэакцыі аднаатамных спіртоў.

Але ў той жа час яны валодаюць і асобымі ўласцівасцямі, абумоўленымі адначасовай прысутнасцю ў малекуле дзвюх або трох гідраксільных груп.

Разгледзім асноўныя хімічныя ўласцівасці мнагаатамных спіртоў.

1) Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

$$CH_2OH—CH_2OH + 2Na \longrightarrow CH_2ONa—CH_2ONa + H_2\uparrow$$

$$2CH_2OH—CHOH—CH_2OH + 6Na \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 2CH_2ONa—CHONa—CH_2ONa + 3H_2\uparrow$$

У гэтых рэакцыях можна замясціць усе атамы вадароду гідраксільных груп на атамы металу. Па аналогіі з алкагалятамі солі двухатамных спіртоў называюцца *глікалятамі,* а трохатамных — *гліцэратамі.*

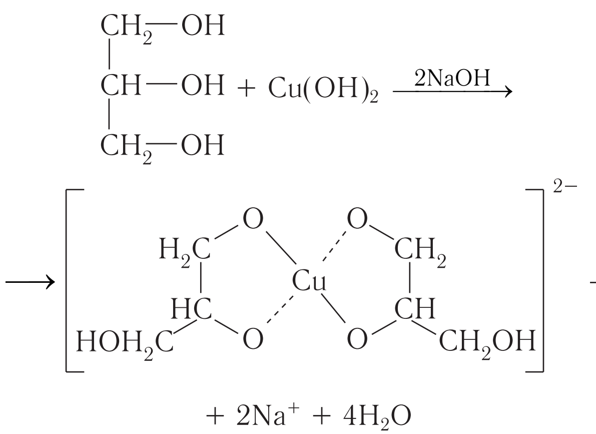
2) Кіслотнасць

Кіслотнасць мнагаатамных спіртоў вышэйшая, чым аднаатамных. Гэта тлумачыцца наяўнасцю ў малекуле дадатковых гідраксільных груп, якія ўзаемна ўплываюць адна на адну.

Этыленгліколь і гліцэрына як мнагаатамныя спірты могуць узаемадзейнічаць не толькі са шчолачамі, але і з гідраксідамі некаторых іншых металаў.

Пры іх узаемадзеянні са свежапрыгатаваным гідраксідам медзі(II) утвараецца комплекснае злучэнне ярка-сіняга колеру, пры гэтым адбываецца растварэнне гідраксіду. Гэту рэакцыю часта выкарыстоўваюць для выяўлення мнагаатамных спіртоў і адносяць да *якаснай рэакцыі на мнагаатамныя спірты* з гідраксільнымі групамі, якія знаходзяцца каля суседніх атамаў вугляроду (мал. 45).

Для ілюстрацыі, але не для запамінання і выкарыстання паказана схема ўтварэння гліцэрату медзі(II):

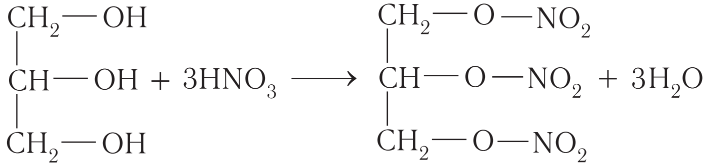


Мал. 45. Якасная рэакцыя на мнагаатамныя спірты (гліцэрыну)

3) Утварэнне складаных эфіраў

Для этыленгліколю і гліцэрыны, як і для аднаатамных спіртоў, характэрна ўтварэнне складаных эфіраў.

Напрыклад, з лішкам азотнай кіслаты ў прысутнасці сернай кіслаты (каталізатар) утвараецца *гліцэрынатрынітрат*, вядомы пад назвай *нітрагліцэрына:*



гліцэрына — гліцэрынатрынітрат (нітрагліцэрына)

Назва «нітрагліцэрына» адносіцца да трывіяльных назваў, яна не адлюстроўвае будову рэчыва. Вядома, што ў хіміі да нітразлучэнняў адносяць рэчывы, у якіх група $—NO_2$ непасрэдна звязана з атамам вугляроду.

Атрыманне

Двухатамныя і трохатамныя спірты можна атрымліваць тымі ж спосабамі, што і аднаатамныя спірты. У якасці сыравіны могуць выкарыстоўвацца алкены і галагеналканы.

Лабараторныя спосабы

Агульным метадам атрымання гліколяў з'яўляецца акісленне алкенаў растворам перманганату калію ў шчолачным або нейтральным асяроддзі:

$$\underset{\text{этэн}}{CH_2{=}CH_2} \xrightarrow[H_2O]{KMnO_4} \underset{\text{этандыёл-1,2 (этыленгліколь)}}{CH_2OH—CH_2OH}$$

Гэта рэакцыя вядома як гідраксіліраванне алкенаў.

Аналагічным метадам атрымліваюць прапандыёл-1,2:

$$\underset{\text{прапен}}{CH_3—CH{=}CH_2} \xrightarrow[H_2O]{KMnO_4} \underset{\text{прапандыёл-1,2}}{\overset{1}{C}H_2OH—\overset{2}{C}HOH—\overset{3}{C}H_3}$$

Этыленгліколь таксама атрымліваюць гідролізам адпаведнага дыгалагеналкану:

$$\begin{array}{l} CH_2—Cl \\ | \\ CH_2—Cl \end{array} + 2NaOH \xrightarrow[t]{H_2O} \begin{array}{l} CH_2—OH \\ | \\ CH_2—OH \end{array} + 2NaCl$$

Прамысловыя спосабы

Гліцэрыну атрымліваюць у працэсе гідролізу тлушчаў і сінтэтычным спосабам з прапену, які ўтвараецца пры крэкінгу нафтапрадуктаў, па схеме, якая даецца ў азнаямленчым плане:

$$CH_2{=}CH—CH_3 \xrightarrow{Cl_2,\ 400\ °C} CH_2{=}CH—CH_2Cl \xrightarrow{H_2O_2}$$

$$\longrightarrow CH_2OH—CHOH—CH_2Cl \xrightarrow{NaOH} CH_2OH—CHOH—CH_2OH$$

Прымяненне

Этыленгліколь выкарыстоўваецца як зыходная сыравіна для атрымання сінтэтычных валокнаў, напрыклад лаўсану; у якасці антыфрызу (водны раствор з масавай доляй спірту 50 %); пры атрыманні пластыфікатараў (змякчальнікаў), якія прымяняюцца ў лакафарбавай прамысловасці.

Гліцэрына, як і этыленгліколь, выкарыстоўваецца для прыгатавання антыфрызаў — незамярзаючых вадкасцей для ахалоджвання рухавікоў унутранага згарання. Вялікая колькасць гліцэрыны ідзе для атрымання нітрагліцэрыны. Нітрагліцэры-

на — моцнае выбуховае рэчыва, здольнае ўзрывацца пры ўдары або награванні, таму на яе аснове створаны *дынаміт* і *бяздымны порах*.

Атрымліваюць дынаміт, прапітваючы асобы сорт гліны — кізельгур — нітрагліцэрынай. Дынаміт быў вынайдзены А. Нобелем, які завяшчаў частку прыбытку сваіх заводаў па вытворчасці дынаміту на выплату Нобелеўскіх прэмій за выдатныя дасягненні ў навуцы і літаратуры.

Гліцэрыну прымяняюць таксама ў касметычнай, фармацэўтычнай, гарбарнай, тэкстыльнай і харчовай прамысловасцях.

Этыленгліколь і гліцэрына — прадстаўнікі мнагаатамных спіртоў.

Для мнагаатамных спіртоў характэрны ўсе рэакцыі аднаатамных спіртоў.

Рэакцыя з гідраксідам медзі(II) выкарыстоўваецца для выяўлення мнагаатамных спіртоў.

Этыленгліколь прымяняецца для атрымання лаўсана, у якасці антыфрызаў; гліцэрына ў вялікіх колькасцях ідзе на атрыманне нітрагліцэрыны.

Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя злучэнні адносяцца да мнагаатамных спіртоў?
2. Што такое атамнасць спіртоў? Растлумачце, як класіфікуюцца спірты па атамнасці, і прывядзіце прыклады прасцейшых прадстаўнікоў розных груп спіртоў.
3. Прывядзіце агульныя формулы гамалагічных радоў гліколяў і гліцэрынаў.
4. Выберыце з прапанаваных хімічных формул рэчывы, якія адносяцца да аднаго і таго ж класа:

а) $C_5H_{11}OH$

б) $CH_3—CHOH—CH_2OH$

в) $CH_2OH—CH_2OH$

г) C_2H_5OH

д) $CH_2=CH—CH_2OH$

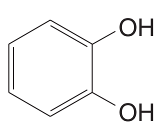
е) $CH_3—CH_2—CH(OH)—CH_3$

ж) C_6H_{12}

з) $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$

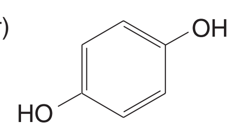
Укажыце клас і растлумачце, што з'яўляецца асновай для вашага выбару формулы.

5. З прапанаваных формул выберыце формулу гамолагу гліцэрыны:

а) 

б) $CH_2OH—CH_2OH$

в) $CH_2OH—CHOH—CHOH—CH_3$

г) 

д) $CH_3OH—CHOH—CH_3$

Растлумачце, што з'яўляецца асновай для вашага выбару формулы.

6. Састаўце ўраўненні рэакцый, якія адлюстроўваюць уласцівасці:

а) этыленгліколю;
б) гліцэрыны.

7. Чым тлумачыцца вялікая рэакцыйная здольнасць гліцэрыны ў параўнанні з аднаатамнымі спіртамі?

8. Выберыце формулу рэчыва, рэакцыя з якім адносіцца да якасных рэакцый на мнагаатамныя спірты: Na, KOH, CuO, Cu, $Cu(OH)_2$.

9. Выпішыце асобна формулы рэчываў, з якімі ўзаемадзейнічаюць: а) этанол; б) этыленгліколь; в) гліцэрына:

H_2O, HNO_3, Na, Cl_2, HBr.

Састаўце тры магчымыя ўраўненні рэакцый.

10. Пералічыце ўсе вядомыя вам спосабы атрымання аднаатамных і мнагаатамных спіртоў.

11. Прывядзіце назвы рэчываў, якія можна атрымаць у выніку наступных ператварэнняў:

а) $C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2} X \xrightarrow{NaOH} X_1 \xrightarrow[-H_2O]{} X_2 \xrightarrow{KMnO_4} X_3 \xrightarrow{HCl} X_4$;

б) $CH_4 \xrightarrow[1500\,°C]{O_2} A \xrightarrow{H_2} Б \xrightarrow[H_2O]{KMnO_4} В \xrightarrow{Na} X$.

12. Які аб'ём (н. у.) вадароду вылучыцца ў кожнай з трох рэакцый гліцэрыны з металічным натрыем пры ўтварэнні трох розных прадуктаў рэакцый, калі маса гліцэрыны ва ўсіх выпадках роўна 86,48 г?

Лабараторны дослед 3

Узаемадзеянне гліцэрыны з гідраксідам медзі(II)

1. Да раствору шчолачы аб'ёмам прыкладна 1 $см^3$ дабаўце некалькі кропель сульфату медзі(II).

2. Да асадку гідраксіду медзі(II), які ўтварыўся, прыліце гліцэрыну аб'ёмам 0,5 $см^3$. Узбоўтайце сумесь.

3. Назірайце, якія змяненні пры гэтым адбыліся. Як іх можна абгрунтаваць?

§ 27. Фенолы

Да гідраксілвытворных арганічных злучэнняў, акрамя спіртоў, адносяцца *фенолы*.

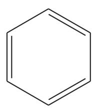
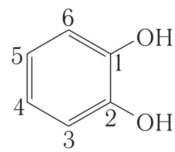
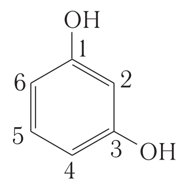
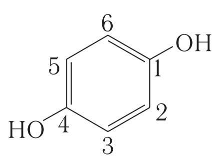
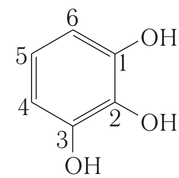
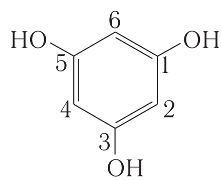
Феналамі называюцца вытворныя араматычных вуглевадародаў, у малекулах якіх адзін або некалькі атамаў вадароду, непасрэдна звязаных з бензольным кольцам, замешчаны на гідраксільныя групы.

Лік гідраксільных груп у малекуле вызначае *атамнасць* фенолаў. Яны могуць змяшчаць да шасці гідраксільных груп у малекуле. Па ліку гідраксільных

груп фенолы, як і спірты, класіфікуюцца як *адна-*, *двух-*, *трохатамныя* і *мнагаатамныя* фенолы.

У табліцы 22 для азнаямлення прыведзены формулы некаторых фенолаў рознай атамнасці, назвы якіх на патрабуюць запамінання.

Табліца 22. **Асобныя прадстаўнікі фенолаў**

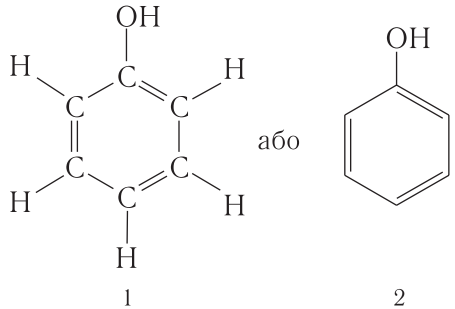
Фенолы		
аднаатамныя	двухатамныя	трохатамныя
 C_6H_5OH фенол	 $C_6H_4(OH)_2$ 1,2-дыгідраксібензол (піракатэхін)  $C_6H_4(OH)_2$ 1,3-дыгідраксібензол (рэзарцын)  $C_6H_4(OH)_2$ 1,4-дыгідраксібензол (гідрахінон)	 $C_6H_3(OH)_3$ 1,2,3-трыгідраксібензол (пірагалол)  $C_6H_3(OH)_3$ 1,3,5-трыгідраксібензол (флораглюцын)

У дадзеным курсе арганічнай хіміі вы пазнаёміцеся з будовай і ўласцівасцямі **фенолу (C_6H_5OH)** — прасцейшага прадстаўніка аднаатамных фенолаў, ад назвы якога і паходзіць назва ўсяго класа злучэнняў.

Трывіяльная назва «фенол» прынята ў наменклатуры ІЮПАК.

Будова

Састаў прасцейшага прадстаўніка класа выражаецца формулай C_6H_5OH. Групу атамаў C_6H_5— называюць *фенільнай групай*. Структурная формула фенолу можа запісвацца рознымі спосабамі:

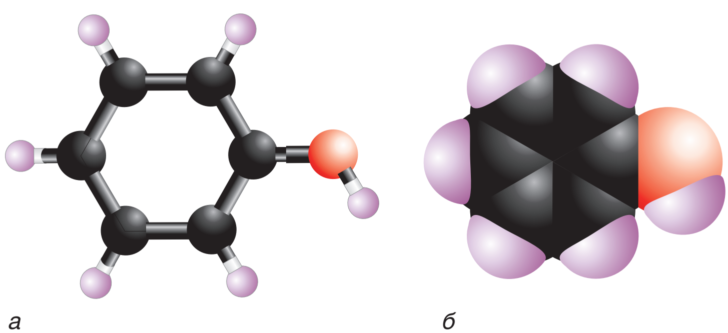


Далей у тэксце пры запісе ўраўненняў рэакцый фенолу будзе выкарыстоўвацца формула *2*.

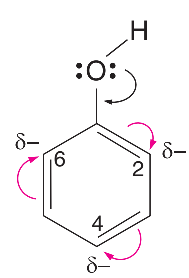
На малюнку 46 прыведзены шарастрыжнёвая і маштабная мадэлі малекулы фенолу.

Разгледзім электронную будову малекулы фенолу (мал. 47), параўнаўшы яе з будовай аднаатамных спіртоў, якія змяшчаюць таксама адну гідраксільную групу —OH. Пры гэтым, у адрозненне ад фенолу, у спіртах група —OH звязана з алкільнай групай ацыклічных насычаных вуглевадародаў. Алкільная група зрушвае электронную шчыльнасць у бок гідраксільнай групы ($C_2H_5 \longrightarrow O — H$) і тым самым памяншае яе палярнасць і натуральна паніжае кіслотныя ўласцівасці.

Дзеянне ж бензольнага кольца ў малекуле фенолу іншае. Адна з непадзеленых пар электронаў знешняга энергетычнага ўзроўню атама кіслароду гідраксільнай групы ўступае ў спалучэнне з π-электроннай сістэмай бензольнага кольца. Гэта прыводзіць да павелічэння палярнасці сувязі O—H і садзейнічае павышэнню электроннай шчыльнасці ў бензольным кольцы ў атамаў вугляроду *2, 4, 6*, дзе, як правіла, і адбываецца замяшчэнне атамаў вадароду на якісьці замяшчальнік.



Мал. 46. Шарастрыжнёвая (а) і маштабная (б) мадэлі малекулы фенолу



Мал. 47. Схема ўзаемнага ўплыву атамаў у малекуле фенолу

Такім чынам, існуе ўзаемны ўплыў атамаў і груп атамаў у малекуле фенолу (гл. мал. 47). Такі ўзаемны ўплыў адбіваецца на ўласцівасцях фенолу, кіслотныя ўласцівасці якога ўзмацняюцца.

Фізічныя ўласцівасці

Фенол — бясколернае крышталічнае рэчыва з характэрным пахам. Пры звычайнай тэмпературы ён дрэнна раствараецца ў вадзе, пры 70 °C і вышэй змешваецца з вадой у любых суадносінах.

Фенол вельмі ядавіты, пры пападанні на скуру выклікае мацнейшыя апёкі, таму працаваць з ім у школьным хімічным кабінеце забаронена.

Хімічныя ўласцівасці

Хімічныя ўласцівасці фенолу абумоўлены наяўнасцю ў малекуле функцыянальнай групы —OH і бензольнага кольца, якія ўзаемна ўплываюць адна на адно.

Разгледзім паслядоўна хімічныя рэакцыі, якія адбываюцца з удзелам гідраксільнай групы і бензольнага кольца.

1) Дысацыяцыя ў водных растворах

Малекулы фенолу дысацыіруюць у водных растворах па кіслотнаму тыпу:

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

Фенол з'яўляецца слабай кіслатой (часам яго называюць *карболавай кіслатой*), што адрознівае яго ад спіртоў, якія практычна не дысацыіруюць у водных растворах.

2) Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі

Фенол, як і спірты, узаемадзейнічае са шчолачнымі металамі з утварэннем з *фенаксідаў* (*феналятаў*):

$$2C_6H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5ONa + H_2\uparrow$$

фенол — фенаксід (фенолят) натрыю

Фенол можна ператварыць у бензол рэакцыяй з цынкавым пылам:

$$C_6H_5OH + Zn \longrightarrow C_6H_6 + ZnO$$

3) Узаемадзеянне са шчолачамі

Павышаная кіслотнасць фенолу ў параўнанні са спіртамі праяўляецца ў здольнасці фенолу ўтвараць з воднымі растворамі шчолачаў солі:

$$C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$

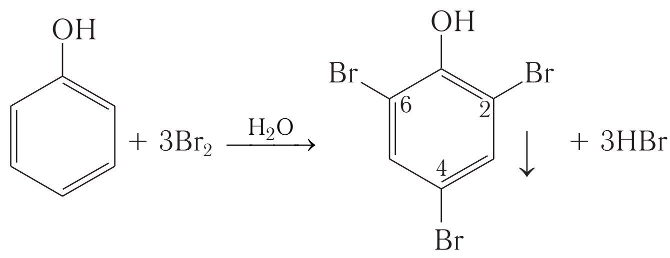
фенол — фенаксід (феналят) натрыю

Доказам таго, што фенол — вельмі слабая кіслата, з'яўляецца рэакцыя феналятаў з такой слабай неарганічнай кіслатой, як вугальная. Калі праз раствор феналяту прапусціць вуглякіслы газ, то феналят ператвараецца ў свабодны фенол:

$$C_6H_5ONa + CO_2 + H_2O \longrightarrow C_6H_5OH + NaHCO_3$$

4) Галагенаванне

Рэакцыі галагенавання, у прыватнасці брамавання, адбываюцца з замяшчэннем атамаў вадароду ў бензольным кольцы. Пры дзеянні на фенол бромнай вады ўтвараецца 2,4,6-трыбромфенол, які дрэнна раствараецца ў вадзе і ўтварае асадак белага колеру:



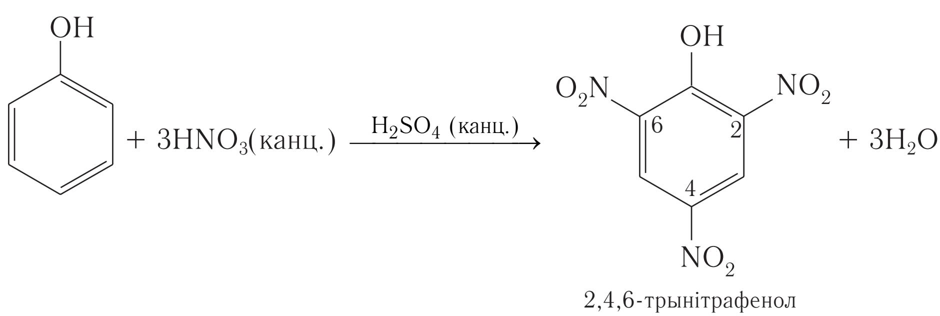
2,4,6-трыбромфенол

Гэта рэакцыя часта выкарыстоўваецца для *якаснага выяўлення* фенолу.

Рэакцыя фенолу з бромнай вадой адбываецца вельмі лёгка пры пакаёвай тэмпературы, у адрозненне ад бензолу, які з бромнай вадой не рэагуе.

5) Нітраванне

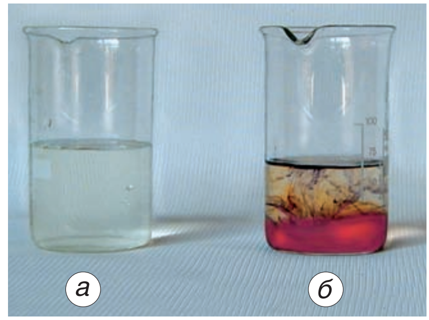
Пры дзеянні на фенол канцэнтраванай азотнай кіслаты (для правядзення рэакцыі ствараюцца пэўныя ўмовы) таксама адбываецца рэакцыя замяшчэння. Тры атамы вадароду ў становішчы *2*, *4*, *6* замяшчаюцца на нітрагрупы і ўтвараецца 2,4,6-трынітрафенол, або пікрынавая кіслата:



2,4,6-трынітрафенол
(пікрынавая кіслата)

Наяўнасць у малекуле пікрынавай кіслаты трох замяшчальнікаў —NO_2 узмацняе яе кіслотныя ўласцівасці. Яна з'яўляецца моцнай кіслатой.

Пікрынавая кіслата — жоўтае крышталічнае выбухованебяспечнае рэчыва, яе солі прымяняюцца ў прамысловасці ў якасці выбуховых рэчываў.



Мал. 48. Якасная рэакцыя на фенол

Фенол (мал. 48, *а*) дае характэрную чырвона-фіялетавую афарбоўку з водным растворам хларыду жалеза(III) у выніку ўтварэння комплекснай солі жалеза (мал. 48, *б*). Гэту рэакцыю выкарыстоўваюць для выяўлення фенолу і адносяць да каляровай *якаснай рэакцыі*.

Для мнагаатамных фенолаў у рэакцыі з хларыдам жалеза(III) характэрна фіялетавая афарбоўка розных адценняў.

Феноламі называюцца вытворныя араматычных вуглевадародаў, у малекулах якіх адзін або некалькі атамаў вадароду, непасрэдна звязаных з бензольным кольцам, замешчаны на гідраксільныя групы.

Лік гідраксільных груп у малекуле вызначае атамнасць фенолу.

Фенол C_6H_5OH — прасцейшы аднаатамны фенол, хімічныя ўласцівасці якога вызначаюцца наяўнасцю ў малекуле як гідраксільнай групы, так і бензольнага кольца, якія ўзаемна ўплываюць адно на адно.

Для фенолу характэрны рэакцыі гідраксільнай групы (са шчолачнымі металамі, шчолачамі) і бензольнага кольца (галагенаванне, нітраванне).

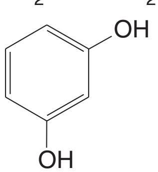
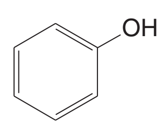
Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя злучэнні называюцца феноламі?

2. На падставе якой прыметы можна класіфікаваць фенолы? Прывядзіце адпаведныя прыклады розных фенолаў.

3. Вызначце, да якога класа арганічных злучэнняў адносяцца рэчывы, формулы якіх прыведзены:

а) $CH_2OH—CH_2OH$ $CH_3—CH_2—CH_2OH$ C_6H_5OH $CH_3—CHOH—CH_2OH$

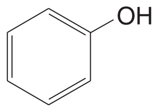
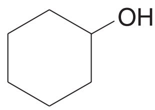
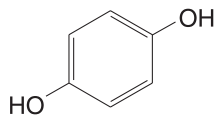
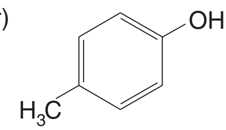
б)  $CH_2OH—(CHOH)_2—CH_3$ CH_3OH 

Назавіце гэтыя рэчывы.

4. У чым праяўляецца кіслотны характар фенолу? Састаўце ўраўненні адпаведных рэакцый.

5. Чым тлумачыцца вялікая кіслотнасць фенолу ў параўнанні з этанолам або прапанолам?

6. Якія са злучэнняў, формулы якіх прыведзены, адносяцца да фенолаў і чаму?

а)  б)  в)  г) 

7. Выберыце формулы рэчываў, з якімі ўзаемадзейнічае фенол, і запішыце тры любыя ўраўненні рэакцый: K, Na_2SO_4, KOH, Br_2/H_2O, H_2CO_3, HNO_3, Zn, Cu, HBr, H_2.

8. З прыведзенага пераліку рэчываў выберыце асобна формулы тых рэчываў, якія ўзаемадзейнічаюць з: а) фенолам; б) этанолам; в) бензолам: H_2, Na, HBr, Br_2/H_2O, NaOH, HNO_3, CH_3COOH.

9. Напішыце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $CaC_2 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5Br$;

б) $C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5OH \rightleftarrows C_2H_5Br$;

в) $C_6H_5OH \longrightarrow C_6H_5OK \longrightarrow C_6H_5OH \longrightarrow C_6H_2(NO_2)_3OH$.
$\quad\searrow C_6H_2Br_3OH$

10. Да раствору фенолу ў бензоле масай 812,16 г прылілі бромную ваду, пры гэтым выпаў белы асадак масай 178,74 г. Вызначце масавую долю фенолу ў растворы.

11. Да фенолу масай 116,56 г прылілі раствор гідраксіду натрыю аб'ёмам 89,51 $см^3$ з масавай доляй шчолачы 40 % (шчыльнасць 1,43 $г/см^3$). Вызначце масу атрыманага феналяту натрыю.

§ 28. Атрыманне фенолу. Прымяненне фенолу і яго вытворных

Атрыманне

Разгледзім асноўныя спосабы атрымання фенолу.

1. Прыроднай крыніцай фенолу і некаторых яго вытворных з'яўляецца каменнавугальная смала, якая ўтвараецца як пабочны прадукт коксахімічнай вытворчасці.

Каменнавугальная смала апрацоўваецца шчолачамі. Як вам ужо вядома, водныя растворы шчолачаў узаемадзейнічаюць з фенолам з утварэннем феналятаў. Феналяты, якія атрымліваюцца, апрацоўваюць мінеральнымі кіслотамі і атрымліваюць фенол. Схематычна працэс экстрагавання фенолу з каменнавугальнай смалы можна ўявіць так:

$$\text{каменнавугальная смала} \xrightarrow[H_2O]{NaOH} C_6H_5ONa \xrightarrow{HCl} C_6H_5OH$$

2. Існуе прамысловы спосаб атрымання фенолу з хлорбензолу.

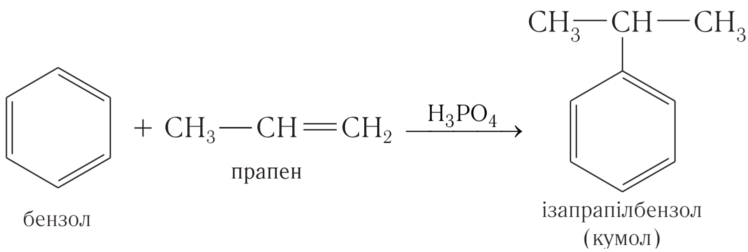
У гэтым выпадку хлорбензол пад дзеяннем воднага раствору гідраксіду натрыю пераводзяць у феналят натрыю, які ў рэакцыі з мінеральнымі кіслотамі пераходзіць у фенол:

$$C_6H_5Cl \xrightarrow[NaOH/H_2O]{350\,°C,\ 300\ атм} C_6H_5ONa \xrightarrow[H_2O]{HCl} C_6H_5OH$$

3. Адзін з асноўных прамысловых метадаў вытворчасці фенолу — кумольны. Выходнай сыравінай у гэтым метадзе з’яўляецца кумол, які атрымліваюць у рэакцыі бензолу з прапенам. Гэты метад атрымання фенолу быў распрацаваны ў 40-е гады XX ст. у Савецкім Саюзе Р. Ю. Удрысам, Б. Д. Кружалавым, П. С. Сяргеевым, М. С. Нямцовым і да нашых дзён не страціў сваёй эфектыўнасці.

У агульных рысах сінтэз фенолу можна ўявіць наступным чынам.

Спачатку ў рэакцыі бензолу з прапенам атрымліваюць ізапрапілбензол (кумол):



Затым кумол акісляюць кіслародам паветра, прадукт акіслення кумолу раскладаюць разбаўленай сернай кіслатой і атрымліваюць фенол і ацэтон — важнейшыя ў вытворчых адносінах прадукты.

Прымяненне

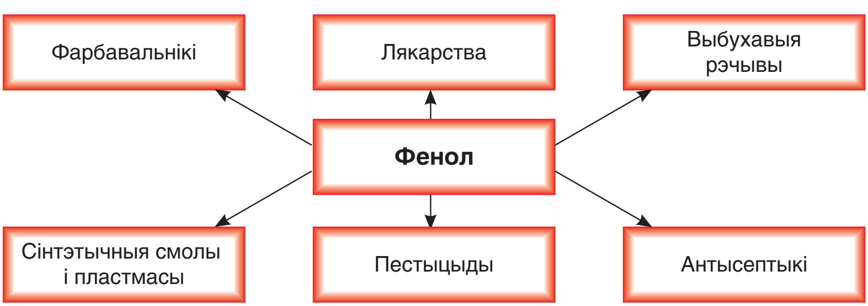
Фенол і яго вытворныя прымяняюць у якасці зыходных рэчываў для сінтэзу фарбавальнікаў, лякарстваў, сінтэтычных смол і пластмас (мал. 49).

Трынітрафенол прымяняюць для атрымання выбуховых рэчываў.

Гідрахінон прымяняецца ў фатаграфіі ў якасці праявіцелю, паколькі ён вельмі акісляецца, як антыаксідант тлушчаў.

Піракатэхін выкарыстоўваецца для атрымання *адрэналіну* — гармону, які выпрацоўваецца наднырачнікамі. Сінтэтычны гармон адрэналін быў атрыманы ў 1908 г. і стаў першым гармонам, які вучоным удалося атрымаць сінтэтычна.

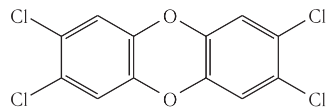
Рэзарцын прымяняецца як антысептык пры скураных захворваннях у выглядзе водных і спіртавых раствораў; у вытворчасці фарбавальнікаў, стабілізатараў і пластыфікатараў палімераў.



Мал. 49. Прымяненне фенолу і яго вытворных

Фенол і яго вытворныя — ядавітыя рэчывы. Адходы іх вытворчасці, якія змяшчаюць гэтыя рэчывы, таксама небяспечныя для чалавека і жывой прыроды. Таму на такіх вытворчасцях выкарыстоўваюць спецыяльныя метады ачысткі, якія папярэджваюць трапленне фенолу і яго вытворных у навакольнае асяроддзе.

Пры прамысловым выкарыстанні фенолу ў некаторых выпадках у якасці пабочнага прадукту могуць утварацца надзвычай ядавітыя рэчывы, напрыклад *дыяксін:*



Фенол і яго вытворныя прымяняюцца ў якасці зыходных рэчываў для сінтэзу фарбавальнікаў, лякарстваў, атрымання сінтэтычных смол і пластмас.

Распрацаваны асноўныя спосабы атрымання фенолу з прыродных крыніц (прадукты перапрацоўкі нафты, вугалю).

Фенол і яго вытворныя надзвычай ядавітыя.

Выкарыстоўваюцца спецыяльныя метады ачысткі адходаў вытворчасці на аснове фенолу для папярэджвання забруджвання навакольнага асяроддзя.

Пытанні і заданні

1. Якія прыродныя крыніцы сыравіны выкарыстоўваюцца для атрымання фенолу?

2. Назавіце вядомыя вам прамысловыя спосабы атрымання фенолу і запішыце схемы яго атрымання.

3. Назавіце, якое рэчыва атрымліваюць у рэакцыі $C_6H_5OH + 3HNO_3 \longrightarrow$ і галіны яго прымянення.

4. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $C_2H_4 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5Cl \longrightarrow C_6H_5OH$;

б) $C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5Br \longrightarrow C_6H_5OH \longrightarrow C_6H_5OK$.

5. Назавіце рэчыва, якое можна атрымаць у выніку наступных ператварэнняў:

$$C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t} X_1 \xrightarrow[Cl_2]{FeBr_3} X_2 \xrightarrow[H_2O]{NaOH} X_3 \xrightarrow{HNO_3} X_4.$$

6. З прыведзеных ніжэй формул выберыце формулы тых рэчываў, якія выкарыстоўваюцца для атрымання: а) этанолу; б) гліцэрыны; в) фенолу:

$CH_2{=}CH{-}CH_3$ $\quad C_2H_2 \quad C_2H_4 \quad C_6H_6 \quad C_6H_5Cl \quad C_2H_6$

7. Вызначце масу фенолу (у кг), атрыманага ў працэсе шчолачнага гідролізу бромбензолу масай 423,9 кг, лічачы, што выхад прадукту рэакцыі роўны 62 %.

Раздзел 6

АЛЬДЭГІДЫ І КАРБОНАВЫЯ КІСЛОТЫ

Альдэгіды і карбонавыя кіслоты гэтак жа, як і спірты і фенолы, адносяцца да кіслародзмяшчальных арганічных злучэнняў, у якіх атам кіслароду ўваходзіць у састаў функцыянальных груп.

§ 29. Альдэгіды

Будова

Арганічныя злучэнні, у малекулах якіх ёсць карбанільная група $>\mathrm{C=O}$, называюцца карбанільнымі злучэннямі або оксазлучэннямі.

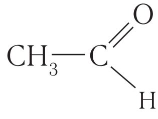
Карбанільныя злучэнні дзеляцца на дзве вялікія групы — *альдэгіды* і *кетоны*. З будовай і ўласцівасцямі альдэгідаў вы пазнаёміцеся ў дадзеным параграфе.

Альдэгідамі называюцца арганічныя злучэнні, у якіх карбанільная група $>\mathrm{C=O}$ звязана з двума атамамі вадароду або адным атамам вадароду і адным вуглевадародным замяшчальнікам.

Для альдэгідаў група атамаў $\underset{\mathrm{H}}{-\mathrm{C}}\mathrm{=O}$ з'яўляецца функцыянальнай і называецца *альдэгіднай*; скарочана яна запісваецца $-\mathrm{CHO}$.

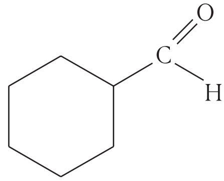
У залежнасці ад будовы вуглевадароднага замяшчальніка адрозніваюць альдэгіды:

аліфатычныя



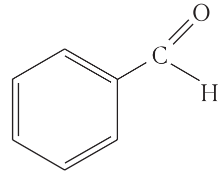
этаналь

аліцыклічныя

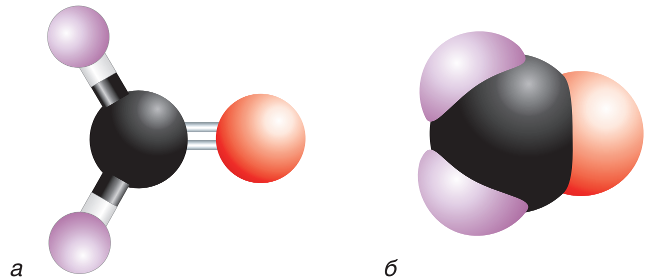


цыклагексан-карбальдэгід

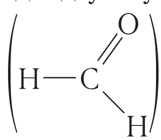
араматычныя



бензальдэгід

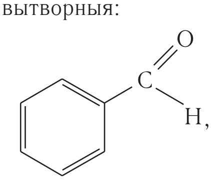


Мал. 50. Шарастружнёвая (а) і маштабная (б) мадэлі малекулы мурашынага альдэгіду

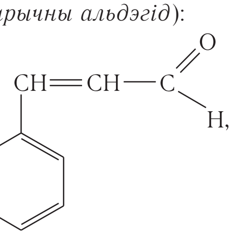
Прасцейшым прадстаўніком альдэгідаў з'яўляецца *метаналь* (*фармальдэгід*, або *мурашыны альдэгід*) HCHO . Гэта адзіны альдэгід, у малекуле якога карбанільная група злучана з двума атамамі вадароду.

Шарастружнёвая і маштабная мадэлі малекулы мурашынага альдэгіду прыведзены на малюнку 50.

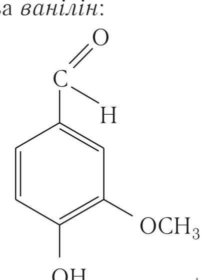
Многія альдэгіды і іх вытворныя сустракаюцца ў жывой прыродзе. Напрыклад, у міндалю выяўлены *бензальдэгід* і яго вытворныя:



у карыцы — 3-фенілпрапеналь (*карычны альдэгід*):



у стручках ванілі — пахучае рэчыва *ванілін*:



У дадзеным курсе хіміі вы пазнаёміцеся з аліфатычнымі альдэгідамі, вытворнымі алканаў (насычаных вуглевадародаў).

Агульная формула, якая адлюстроўвае хімічную будову аліфатычных насычаных альдэгідаў, $\mathbf{C_nH_{2n+1}CHO}$, або R—CHO, дзе R — алкільная група.

Агульная формула насычаных альдэгідаў $\mathbf{C_nH_{2n+1}CHO}$.

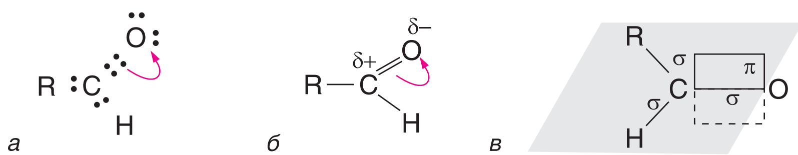
Агульная формула, якая адлюстроўвае малекулярны састаў насычаных альдэгідаў, $\mathbf{C_nH_{2n}O}$.

У табліцы 23 прыведзены назвы, скарочаныя структурныя формулы і некаторыя фізічныя ўласцівасці некалькіх прадстаўнікоў насычаных альдэгідаў.

Табліца 23. **Прадстаўнікі альдэгідаў**

Структурная формула	Назва па сістэматычнай наменклатуры (і трывіяльная)	Тэмпература, °C	
		кіпення	плаўлення
H—CHO	Метаналь (фармальдэгід)	−21	−92
CH_3—CHO	Этаналь (ацэтальдэгід)	20	−121
CH_3—CH_2—CHO	Прапаналь (прапіёнавы)	49	−81
CH_3—CH_2—CH_2—CHO	Бутаналь (масляны)	76	−99
CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CHO	Пентаналь (валяр'янавы)	103	−91,5
CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CHO	Гексаналь (капронавы)	131	

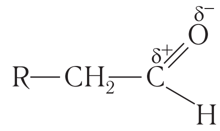
Разгледзім электронную будову карбанільнай групы (мал. 51).



Мал. 51. Будова альдэгіднай групы ў альдэгідах: *а* — зрушэнне электроннай шчыльнасці; *б* — утварэнне зарадаў; *в* — утварэнне π-сувязі

У карбанільнай групе сувязь паміж атамамі вугляроду і кіслароду двайная. Атам вугляроду ўтварае тры σ-сувязі, якія размяшчаюцца ў адной плоскасці пад вуглом 120° адна да адной. π-Сувязь C—O утворана пры перакрыванні 2*p*-арбіталей атамаў вугляроду і кіслароду. Двайная сувязь C═O з'яўляецца спалучэннем адной σ- і адной π-сувязей. З прычыны высокай электраадмоўнасці атама кіслароду электронная шчыльнасць двайной сувязі зрушана ў бок атама кіслароду (гл. мал. 51).

Атам кіслароду набывае частковы адмоўны зарад, а атам вугляроду — частковы дадатны зарад:



Сувязь C═O палярная.

Сувязь C═O карацейшая, і яе энергія большая, чым сувязі C═C. Даўжыня сувязі C═C роўна 0,134 нм, а C═O — 0,121 нм, энергія сувязі C═C 620 кДж/моль, а C═O — 710 кДж/моль.

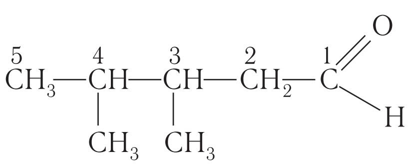
Палярнасць сувязі C═O адбіваецца на фізічных і хімічных уласцівасцях альдэгідаў, якія з'уляюцца высокарэакцыйназдольнымі рэчывамі.

Наменклатура

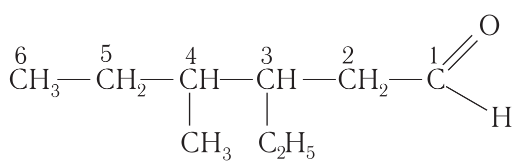
Па правілах наменклатуры ІЮПАК назвы альдэгідаў утвараюцца ад назваў адпаведных алканаў з дадаваннем суфікса **-аль**, напрыклад HCHO — метан**аль**, CH_3CHO — этан**аль**.

Пры назве альдэгідаў з разгалінаваным вугляродным ланцугом нумарацыя галоўнага ланцуга пачынаецца з атама вугляроду альдэгіднай групы.

Напрыклад:



3,4-дыметылпентаналь



4-метыл-3-этылгексаналь

Для альдэгідаў захоўваюцца і прымяняюцца трывіяльныя назвы, напрыклад: HCHO — фармальдэгід, або мурашыны альдэгід, CH_3CHO — воцатны альдэгід, CH_3CH_2CHO — прапіёнавы альдэгід і г. д.

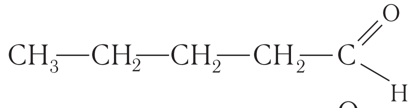
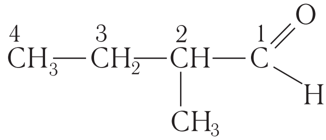
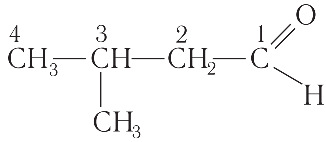
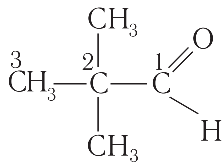
Ізамерыя

Ізамерыя альдэгідаў абумоўлена ізамерыяй вугляроднага ланцуга.

Першыя тры члены гамалагічнага рада альдэгідаў — метаналь, этаналь, прапаналь — ізамераў не маюць.

Лік ізамераў у альдэгідаў з павелічэннем ліку вугляродных атамаў у малекуле значна ўзрастае. Напрыклад, для альдэгідаў саставу $C_5H_{10}O$ існуе чатыры ізамеры альдэгіду (без уліку стэрэаізамераў).

Саставу $C_6H_{12}O$ адпавядае сем ізамерных альдэгідаў (без уліку прасторавых ізамераў) і г. д.

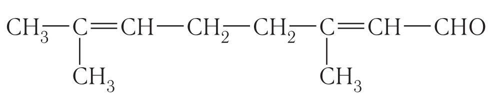
Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
$C_5H_{10}O$		пентаналь
$C_5H_{10}O$		2-метылбутаналь
$C_5H_{10}O$		3-метылбутаналь
$C_5H_{10}O$		2,2-дыметылпрапаналь

<u>Фізічныя ўласцівасці</u>

У звычайных умовах метаналь (фармальдэгід, або мурашыны альдэгід) знаходзіцца ў газападобным стане, мае рэзкі непрыемны пах, ядавіты. Астатнія альдэгіды — вадкасці або цвёрдыя рэчывы. Ніжэйшыя альдэгіды маюць рэзкі непрыемны пах, а вышэйшыя альдэгіды валодаюць кветкавымі пахамі і шырока прымяняюцца ў парфумерыі.

Ёсць характэрны пах таксама ў некаторых араматычных альдэгідаў і альдэгідаў ненасычанага рада. Напрыклад: фенілвоцатны альдэгід $C_6H_5CH_2CHO$ мае пах гіяцынтаў, і таму яго называюць гіяцынтавым.

Пазнаёміцца з характэрнымі пахамі некаторых альдэгідаў можна ў хатніх умовах. Пры выпечцы шырока выкарыстоўваецца ванілін, які атрымліваецца сінтэтычна. Многім чысцячым сродкам, якія выкарыстоўваюцца ў хатняй гаспадарцы, пах лімона надае сінтэтычны альдэгід будовы



Тэмпературы кіпення альдэгідаў больш нізкія, чым адпаведных спіртоў. Гэта тлумачыцца тым, што ў альдэгідах, у адрозненне ад спіртоў, адсутнічаюць міжмалекулярныя вадародныя сувязі.

Прасцейшыя альдэгіды добра раствараюцца ў вадзе. Напрыклад, растваральнасць воцатнага альдэгіду ў вадзе неабмежаваная, фармальдэгіду — добрая (рас-

твор альдэгіду з масавай доляй 40 % называецца *фармалін*), растваральнасць прапіёнавага альдэгіду: 44 г на 100 см^3 (25 °C).

Арганічныя злучэнні, у якіх карбанільная група звязана з адным атамам вадароду і адным вуглевадародным замяшчальнікам, называюцца альдэгідамі.

Агульная формула насычаных аліфатычных альдэгідаў $C_nH_{2n+1}CHO$.

Структурная ізамерыя альдэгідаў абумоўлена ізамерыяй вугляроднага ланцуга.

Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя рэчывы адносяцца да класаў альдэгідаў?

2. На аснове якой прыметы альдэгіды, структурныя формулы якіх

$$CH_2{=}CH{-}CHO,\ C_6H_5{-}CHO,\ C_3H_7{-}CHO,$$

адносяцца да розных груп?

3. Разгледзьце электронную будову карбанільнай групы.

4. Растлумачце, у чым заключаецца адрозненне ў электроннай будове двайной сувязі $C{=}C$ у алкенаў і двайной сувязі $C{=}O$ у карбанільнай групе.

5. Складзіце структурныя формулы наступных альдэгідаў: 2-метылбутаналю, 2,3-дыметылпентаналю, 3-бром-2-этылгексаналю.

6. Складзіце (па 3—4) структурныя формулы ізамерных альдэгідаў саставу:
а) $C_6H_{12}O$; б) $C_7H_{14}O$; в) усіх магчымых структурных ізамераў саставу C_3H_6O.

7. З формул рэчываў выпішыце асобна формулы гамолагаў і ізамераў і назавіце іх:
а) C_3H_7OH; б) C_3H_7CHO; в) $CH_2{=}CH{-}CHO$; г) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CHO$; д) $CH_3{-}CH_2OH$;
е) $(CH_3)_3C{-}CH_2{-}CHO$; ж) $HCHO$; з) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CH(CH_3){-}CHO$; і) C_6H_5OH.

8. Вызначце малекулярную формулу аліфатычнага насычанага альдэгіду, у якім: а) масавыя долі вугляроду і вадароду (у %) адпаведна роўны 66,67 і 11,1; б) масавая доля кіслароду роўна 27,58 %.

9. Сумарны лік электронаў, якія змяшчаюцца ва ўсіх малекулах насычанага аліфатычнага альдэгіду і знаходзяцца ў навесцы масай 12,76 г, роўны $43{,}38 \cdot 10^{23}$. Вызначце малекулярную формулу альдэгіду.

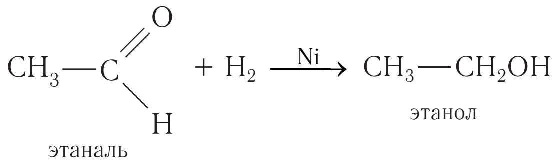
§ 30. Хімічныя ўласцівасці альдэгідаў

Разгледзім важнейшыя хімічныя ўласцівасці насычаных аліфатычных альдэгідаў.

Рэакцыі далучэння

Па месцы двайной сувязі $C{=}O$ у альдэгідаў могуць праходзіць рэакцыі далучэння.

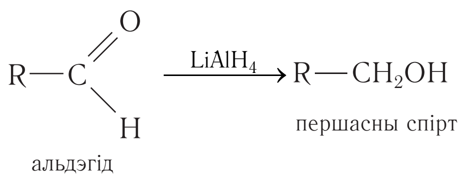
Альдэгіды здольны далучаць вадарод па сувязі $C{=}O$ на нікелевым або плацінавым каталізатары з утварэннем першасных спіртоў:



Гідрыраванне альдэгідаў адносяць да рэакцыі аднаўлення.

У прамысловасці рэакцыю гідрыравання альдэгідаў выкарыстоўваюць для атрымання першасных спіртоў.

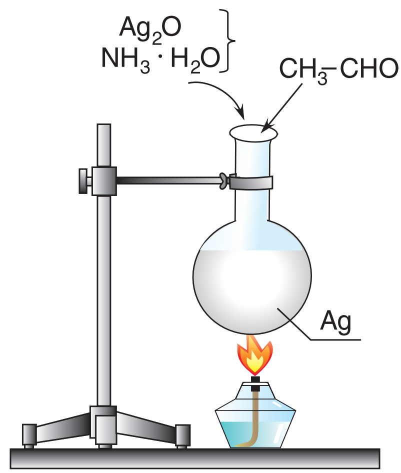
У якасці эфектыўных адноўнікаў альдэгідаў выкарыстоўваецца алюмагідрыд літыю. У гэтых рэакцыях ён з'яўляецца крыніцай гідрыдных аніёнаў:



Рэакцыя акіслення

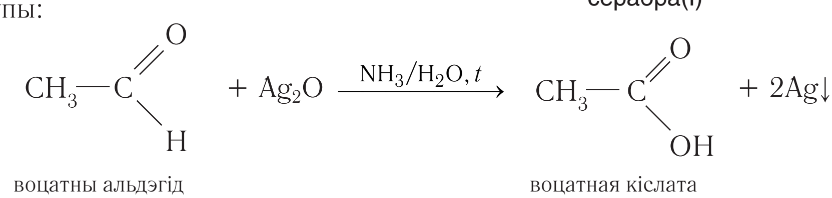
Альдэгіды лёгка акісляюцца (значна лягчэй, чым спірты) у адпаведныя карбонавыя кіслоты. Іх можна акісліць нават такімі мягкімі акісляльнікамі, як аксід серабра(I) і гідраксід медзі(II).

Так, калі да аміячнага раствору аксіду серабра(I) прыліць раствор воцатнага альдэгіду і сумесь нагрэць, то адбываецца акісленне альдэгіду з утварэннем воцатнай кіслаты. Унутраная паверхня колбы, у якой награваецца сумесь, пакрываецца пры гэтым тонкім слоем серабра (мал. 52).

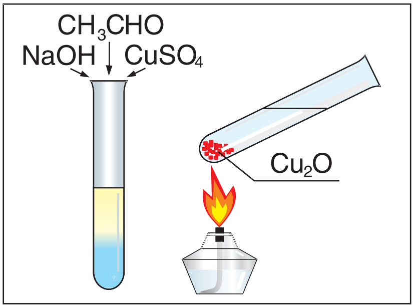


Мал. 52. Акісленне этаналю аміячным растворам аксіду серабра(I)

Гэту рэакцыю называюць *рэакцыяй срэбранага люстра*. Яна з'яўляецца адной з *якасных рэакцый* для выяўлення альдэгіднай групы:



Другая *якасная рэакцыя* на альдэгіды — рэакцыя са свежапрыгатаваным гідраксідам медзі(II). Пры акісленні гідраксід медзі(II), які мае светла-бла-



Мал. 53. Акісленне этаналю свежапрыгатаваным гідраксідам медзі(II)

кітны колер, аднаўляецца ў гідраксід медзі(I) жоўтага колеру, які пры награванні ператвараецца ў аксід медзі(I) чырвонага колеру (мал. 53):

$$CH_3-C\overset{O}{\underset{H}{\lessgtr}} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$$

$$\longrightarrow CH_3-C\overset{O}{\underset{OH}{\lessgtr}} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$$

Акісліць альдэгіды ў адпаведныя кіслоты можна таксама такімі акісляльнікамі, як $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, або кіслародам паветра ў прысутнасці каталізатара:

$$\underset{\text{воцатны альдэгід}}{2CH_3-C\overset{O}{\underset{H}{\lessgtr}}} + O_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \underset{\text{воцатная кіслата}}{2CH_3-C\overset{O}{\underset{OH}{\lessgtr}}}$$

Высокая рэакцыйная здольнасць альдэгідаў абумоўлена будовай карбанільнай групы.

Для альдэгідаў характэрны рэакцыі далучэння па месцы двайной сувязі C═O і рэакцыі акіслення па месцы сувязі C—H у альдэгіднай групе.

Пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце электронную будову альдэгіднай групы ў малекуле этаналю.
2. Якія рэакцыі альдэгідаў адносяць да рэакцый аднаўлення? Прывядзіце ўраўненні рэакцый аднаўлення для: а) прапаналю; б) бутаналю. Назавіце прадукты рэакцыі.
3. Якія прадукты ўтвараюцца ў працэсе акіслення альдэгідаў?
4. Састаўце ўраўненні дзвюх якасных рэакцый для этаналю і прапаналю. Назавіце прыметы іх праходжання.
5. Выберыце формулы рэчываў, з якімі магчымы рэакцыі альдэгідаў:

а) H_2, $H_2Cr_2O_7$, Ag_2O, KCl, O_2, $Cu(OH)_2$;
б) $LiAlH_4$, $Cu(OH)_2$, $CuSO_4$, H_2O, CO_2, $KMnO_4$.

6. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $CH_3-CHO \longrightarrow CH_3-CH_2OH \longrightarrow CH_3-CH_2ONa$;
б) $CH_3-CHO \longrightarrow C_2H_5OH \rightleftarrows C_2H_4 \longrightarrow CH_2Cl-CH_2Cl$.

Пры выкананні задання запісвайце структурныя формулы і назвы рэчываў.

7. Выберыце формулы рэчываў, якія можна выкарыстаць для выяўлення фенолу, гліцэрыны, этаналю, этэну:

а) H_2O; б) $NaOH$; в) $Cu(OH)_2$; г) $Al_2(SO_4)_3$;
д) $FeCl_3$; е) H_2; ж) Br_2/H_2O.

8. Які аб'ём вадароду (у дм^3 пры н. у.) спатрэбіцца для аднаўлення этаналю масай 107,8 г?

9. У працэсе гідрыравання этаналю масай 2,20 кг атрыманы спірт масай 2,07 кг. Вызначце выхад прадукту рэакцыі (у %).

10. Пры аднаўленні невядомага альдэгіду масай 20,3 г атрымалі спірт масай 21 г. Вызначце малекулярную формулу альдэгіду.

11. Пры каталітычным акісленні этаналю затрачаны кісларод аб'ёмам (н. у.) 16,8 дм^3. Вызначце масу прадукту рэакцыі.

Лабараторны дослед 4

Акісленне этаналю гідраксідам медзі(II)

1. Наліце ў прабірку раствор шчолачы аб'ёмам 1 см^3 і дабаўце 1—2 кроплі раствору сульфату медзі(II).

2. Да асадку гідраксіду медзі(II), што ўтварыўся, прыліце ахалоджаны раствор этаналю аб'ёмам прыкладна 0,5 см^3. Адзначце, ці адбыліся пры гэтым змяненні.

3. Нагрэйце прабірку з сумессю ў полымі спіртоўкі. Назірайце, як зменіцца колер асадку. Састаўце ўраўненні ўсіх рэакцый.

§ 31. Атрыманне альдэгідаў. Прымяненне альдэгідаў і іх вытворных

Атрыманне

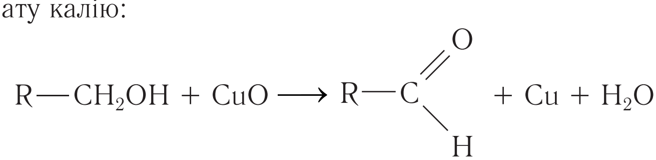
Многія альдэгіды і іх вытворныя шырока выкарыстоўваюцца ў розных галінах вытворчасці арганічных злучэнняў.

Прыроднымі крыніцамі для іх прамысловага атрымання з'яўляюцца вуглевадароды крэкінгу нафты, галагенвытворныя, спірты.

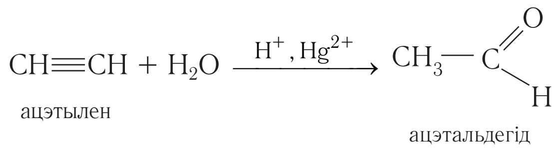
Разгледзім спосабы атрымання альдэгідаў.

Лабараторныя спосабы

1. Акісленне першасных спіртоў аксідам металу (CuO) або падкісленым растворам біхрамату калію:

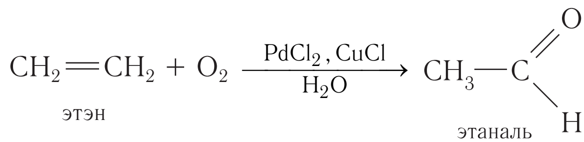


2. Гідратацыя ацэцілену ва ўмовах рэакцыі Кучарава ў прысутнасці солей двухвалентнай ртуці ідзе з утварэннем ацэтальдэгіду:



Прамысловыя спосабы

1. Акісленне алкенаў у прысутнасці солей паладыю:

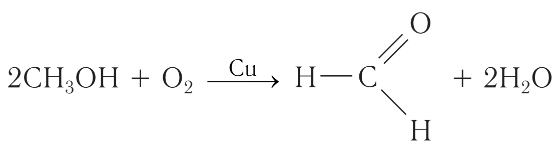


Гэты метад з’яўляецца адным з сучасных прамысловых метадаў і адносіцца да экалагічна чыстых.

2. Акісленне спіртоў. Спірты могуць быць ператвораны ў карбанільныя злучэнні ў выніку акісляльных працэсаў. Пры акісленні першасных спіртоў утвараюцца альдэгіды:

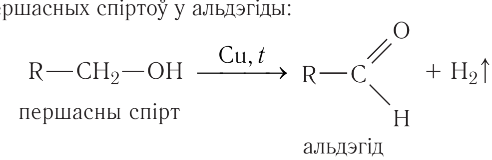
$$C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3CHO$$

Метаналь (фармальдэгід) у прамысловасці атрымліваюць акісленнем метанолу кіслародам паветра ў прысутнасці каталізатараў (медзь або серабро):



Атрыманне альдэгідаў дэгідрыраваннем спіртоў шырока выкарыстоўваецца ў сучаснай прамысловасці. Сама назва класа арганічных злучэнняў «альдэгіды» ўзнікла менавіта дзякуючы гэтаму спосабу іх атрымання (лац. alcohol dehydrogenates — спірт дэгідрыраваны).

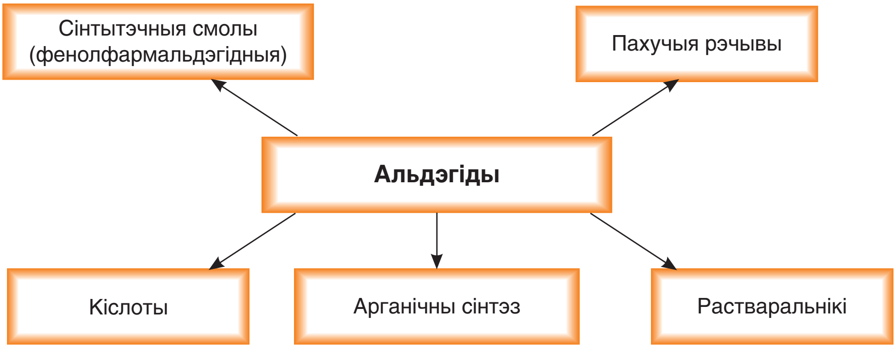
Пры прапусканні пары спірту над каталізатарам пры высокіх тэмпературах адбываецца дэгідрыраванне першасных спіртоў у альдэгіды:



Прымяненне альдэгідаў і іх вытворных

Альдэгіды знаходзяць шырокае прымяненне ў розных галінах прамысловасці.

Фармальдэгід выкарыстоўваецца ў якасці зыходнай сыравіны для атрымання фенолфармальдэгідных пластмас, сінтэтычнага каўчуку і лекавых сродкаў.



Мал. 54. Прымяненне альдэгідаў

А. М. Бутлераў у 1860 г. упершыню сінтэзаваў з фармальдэгіду і аміяку арганічнае рэчыва гексаметылентэтрамін, або *ўратрапін*, якое выкарыстоўваецца ў медыцыне.

Ацэтальдэгід выкарыстоўваюць для вытворчасці воцатнай кіслаты і воцатнага альдэгіду, этылацэтату, хларалю.

Бензальдэгід C_6H_5CHO у прыродзе сустракаецца ў звязаным выглядзе ў лістах лаўравішняў, костачках персікаў, абрыкосаў, сліў, у горкім міндалю. Ён выкарыстоўваецца для атрымання духмяных і лекавых рэчываў, некаторых фарбавальнікаў.
Прапеналь $CH_2{=}CH{-}CHO$ прымяняюць для атрымання пластмас, якія адрозніваюцца вялікай цвёрдасцю, гліцэрыны, акрылавай кіслаты, лекавых сродкаў.

На малюнку 54 паказаны галіны выкарыстання альдэгідаў.

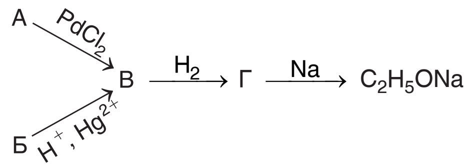
Існуюць лабараторныя і прамысловыя спосабы атрымання альдэгідаў. Да асноўных прамысловых спосабаў адносяць: акісленне алкенаў, спіртоў, дэгідрыраванне спіртоў.

Пытанні і заданні

1. Пералічыце лабараторныя спосабы атрымання альдэгідаў.
2. Састаўце два ўраўненні рэакцыі атрымання прапаналю ў лабараторных умовах з адпаведных зыходных рэчываў.
3. Назавіце важнейшыя прамысловыя спосабы атрымання альдэгідаў.
4. Састаўце ўсе магчымыя ўраўненні рэакцый атрымання альдэгідаў прамысловымі метадамі (на прыкладзе этаналю).
5. Прывядзіце прыклады выкарыстання альдэгідаў і іх вытворных.
6. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$C_2H_4 \longrightarrow CH_3CHO \rightleftarrows C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5Cl \longrightarrow C_2H_4$$
$$CH_3CHO \searrow CH_3COOH$$

7. Вызначце формулы невядомых рэчываў у прапанаванай схеме (с. 132) і састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:



8. Вызначце, які аб'ём этэну (у м^3 пры н. у.) неабходна ўзяць для атрымання з яго ацэтальдэгіду масай 4435,2 кг.

9. Пры акісленні этанолу атрыманы альдэгід масай 22 г, што складае 80 % ад тэарэтычна магчымага. Вызначце масу зыходнага спірту.

10. Пры акісленні аднаатамнага насычанага спірту масай 34,80 г атрымалі альдэгід з тым жа лікам атамаў вугляроду ў малекуле, што і ў зыходнага спірту, масай 33,64 г. Вызначце малекулярную формулу альдэгіду.

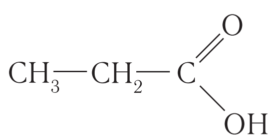
§ 32. Карбонавыя кіслоты

Карбонавымі кіслотамі называюцца арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць у малекуле адну або некалькі карбаксільных груп —COOH.

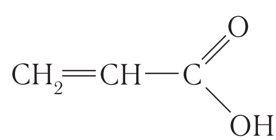
Карбонавыя кіслоты класіфікуюцца ў залежнасці ад будовы вуглевадароднага ланцуга і ліку карбаксільных груп у малекуле.

У залежнасці ад будовы вуглевадароднага ланцуга адрозніваюць кіслоты *аліфатычныя насычаныя* і *ненасычаныя, аліцыклічныя* і *араматычныя*:

аліфатычныя

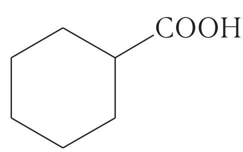


прапанавая кіслата



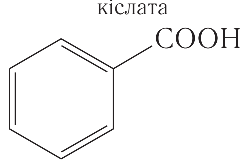
прапенавая кіслата

аліцыклічныя



цыклагексанкарбонавая кіслата

араматычныя

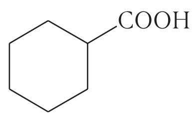
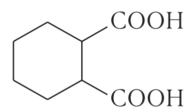
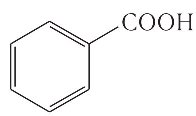
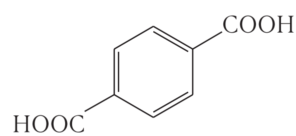


бензойная кіслата

Па ліку карбаксільных груп карбонавыя кіслоты дзеляцца на *монакарбонавыя,* або *аднаасноўныя* (змяшчаюць адну групу —COOH), *дыкарбонавыя*, або *двух-*

асноўныя (дзве групы —COOH), *трохкарбонавыя* і г. д. Формулы і назвы некалькіх прадстаўнікоў карбонавых кіслот прыведзены ў табліцы 24.

Табліца 24. **Прадстаўнікі карбонавых кіслот**

Кіслоты	Аднаасноўныя	Двухасноўныя
Аліфатычныя	CH_3—COOH этанавая кіслата (насычаная) CH_2═CH—COOH прапенавая кіслата (ненасычаная)	HOOC—CH_2—CH_2—COOH бутандыёнавая кіслата (насычаная) HOOC—CH═CH—COOH бутэндыёнавая кіслата (ненасычаная)
Аліцыклічныя	 цыклагенсанкарбонавая кіслата	 цыклагексан-1,2-дыкарбонавая кіслата
Араматычныя	 бензойная кіслата	 бензол-1,4-дыкарбонавая кіслата

Карбонавыя кіслоты ўтвараюць розныя функцыянальныя вытворныя пры замяшчэнні гідраксільнай групы. Агульная формула такіх вытворных карбонавых кіслот R—C(═O)—X, дзе X — OR і інш.

Да функцыянальных вытворных карбонавых кіслот адносяцца *складаныя эфіры* R—C(═O)—O—R′.

Карбонавыя кіслоты, у якіх атамы вадароду алкільнай групы замешчаны на галаген, амінагрупу, гідраксільную групу і іншыя, адносяцца да замешчаных карбонавых кіслот. Напрыклад,

CH_3—CH(Cl)—C(═O)—OH
галагенкарбонавая кіслата

$CH_2(NH_2)$—C(═O)—OH
амінакарбонавая кіслата

CH_3—CH(OH)—C(═O)—OH
гідраксікарбонавая кіслата

Карбонавыя кіслоты і іх вытворныя сустракаюцца ў самых разнастайных прыродных аб'ектах. Напрыклад, *метанавая (мурашыная) кіслата* $HCOOH$ змяшчаецца ў выдзяленнях мурашак; *3-метылбутанавая (ізаваляр'янавая) кіслата* $(CH_3)_2CH—CH_2—COOH$ — у значнай колькасці змяшчаецца ў каранях валяр'яну лекавага; *бензойная кіслата* $C_6H_5—COOH$ — у брусніцах, журавінах, чарніцах, у розных раслінных смолах; *шчаўевая кіслата* $HOOC—COOH$ — у выглядзе аксалатаў у лістах шчаўя, рэвеню, кісліцы; *малонавая кіслата* $HOOC—CH_2—COOH$ — у соку цукровых буракоў: *бурштынавая кіслата* $HOOC—(CH_2)_2—COOH$ упершыню была вылучана з прадуктаў сухой перагонкі бурштыну; *яблычная кіслата* $HOOC—CH(OH)—CH_2—COOH$ — у ягадах і фруктах, асабліва яе многа ў ягадах рабіны; *лімонная кіслата* $HOOC—CH_2—C(OH)(COOH)—CH_2—COOH$ — у шмат якіх раслінах, у лімонным соку яе масавая доля 10 %.

У дадзеным раздзеле прадметам вашага вывучэння будуць насычаныя аднаасноўныя кіслоты, а таксама некаторыя прадстаўнікі ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот.

Арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць карбаксільную групу —COOH, называюцца карбонавымі кіслотамі.

Карбонавыя кіслоты бываюць адна-, двух-, трохасноўныя і г. д.; аліфатычныя (насычаныя, ненасычаныя), аліцыклічныя, араматычныя.

Функцыянальнымі вытворнымі карбонавых кіслот называюцца злучэнні, у якіх гідраксільная група замешчана на якую-небудзь іншую групу або атам.

Да функцыянальных вытворных карбонавых кіслот адносяцца складаныя эфіры.

Пытанні і заданні

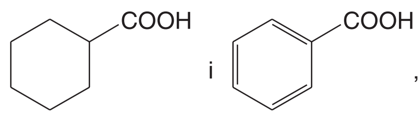
1. Назавіце функцыянальную групу карбонавых кіслот.

2. Параўнайце функцыянальныя групы спіртоў, альдэгідаў і карбонавых кіслот і назавіце, што ў іх агульнае і чым яны адрозніваюцца.

3. Назавіце агульныя прыметы класіфікацыі як для неарганічных, так і для арганічных кіслот. Прывядзіце адпаведныя прыклады.

4. Назавіце прымету класіфікацыі кіслот, на падставе якой прапанавую $CH_3—CH_2—COOH$ і прапенавую $CH_2{=}CH—COOH$ кіслоты адносяць да адной і той жа групы, а таксама тую прымету, на падставе якой гэтыя кіслоты можна аднесці да розных груп.

5. Ці можна карбонавыя кіслоты, структурныя формулы якіх



аднесці да адной і той жа групы кіслот і па якой прымеце?

6. Структурная формула яблычнай кіслаты, смак якой вам добра вядомы, $HOOC{-}CH(OH){-}CH_2{-}COOH$. Назавіце тыя прыметы класіфікацыі карбонавых кіслот, на падставе якіх можна характарызаваць дадзеную кіслату. Знайдзіце ў тэксце параграфа структурную формулу яшчэ адной кіслаты, якую можна характарызаваць на падставе такіх жа прымет.

7. Растлумачце, як без матэматычных вылічэнняў вызначыць, у саставе якога з рэчываў — CH_3OH, $HCHO$, $HCOOH$ — масавая доля кіслароду большая.

8. Запішыце агульныя формулы тых класаў арганічных злучэнняў, да якіх адносяцца рэчывы: CH_3OH, $CH_3{-}CHO$, $H{-}COOH$.

9. Зыходзячы з формулы прапанавай кіслаты C_2H_5COOH, паспрабуйце скласці агульную формулу, якая адлюстроўвае хімічную будову карбонавых кіслот дадзенай групы.

10. Чым, на ваш погляд, можна растлумачыць з'яву разнастайнасці арганічных рэчываў у прыродзе?

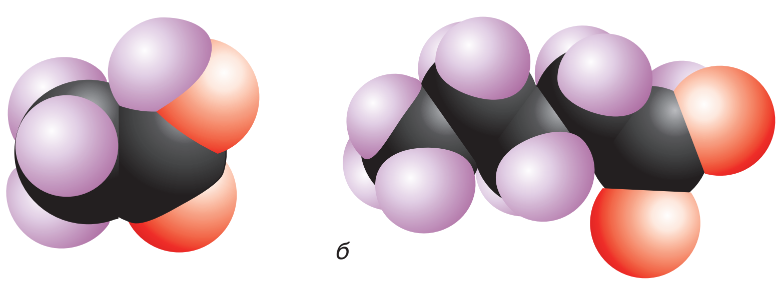
§ 33. Насычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты

Будова

Да насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот адносяцца арганічныя злучэнні, у малекулах якіх змяшчаецца адна функцыянальная група $-C(=O){-}OH$ ($-COOH$), злучаная з алкільнай групай (мал. 55) і толькі ў выпадку метанавай (мурашынай) кіслаты $HCOOH$ — з атамам вадароду (мал. 56).

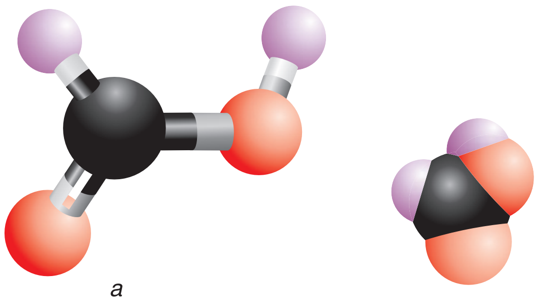
Хімічны састаў і будова насычаных аднаасноўных кіслот выражаецца агульнай формулай $\mathbf{C_nH_{2n+1}COOH}$, або $R{-}COOH$, дзе R азначае алкільную групу або атам вадароду (метанавая кіслата).

Агульная формула насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот $\mathbf{C_nH_{2n+1}COOH}$.



а б

Мал. 55. Маштабныя мадэлі малекул воцатнай (*а*) і валяр'янавай (*б*) кіслаты



а *б*

Мал. 56. Шарастрыжнёвая (*а*) і маштабная (*б*) мадэлі малекулы мурашынай кіслаты

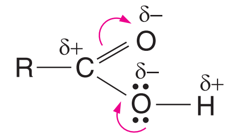
Агульная формула, якая адлюстроўвае малекулярны састаў дадзеных кіслот, $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$. Пры рашэнні шэрага разліковых задач мэтазгодна звяртацца менавіта да гэтай формулы.

Малекулярныя і структурныя формулы дзесяці прадстаўнікоў гамалагічнага рада насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот з неразгалінаваным ланцугом атамаў вуляроду дадзены ў табліцы 25.

Табліца 25. **Гамалагічны рад насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот**

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва	Тэмпература °С		Растваральнасць, г/100 г H_2O
			кіпення	плаўлення	
CH_2O_2	H—COOH	Метанавая (мурашыная)	100,5	8,4	Растваральная неабмежавана
$C_2H_4O_2$	CH_3—COOH	Этанавая (воцатная)	118,1	16,6	Растваральная неабмежавана
$C_3H_6O_2$	CH_3CH_2COOH	Прапанавая (прапіёнавая)	141,1	−22	Растваральная неабмежавана
$C_4H_8O_2$	$CH_3CH_2CH_2COOH$	Бутанавая (масляная)	163,5	−6	Растваральная неабмежавана (−1,1 °С)
$C_5H_{10}O_2$	$CH_3(CH_2)_3COOH$	Пентанавая (валяр'янавая)	187,0	−34	0,88 (20 °С)
$C_6H_{12}O_2$	$CH_3(CH_2)_4COOH$	Гексанавая (капронавая)	205	−2	0,89 (20 °С)
$C_7H_{14}O_2$	$CH_3(CH_2)_5COOH$	Гептанавая (энантавая)	223,5	−10,5	0,24 (15 °С)
$C_8H_{16}O_2$	$CH_3(CH_2)_6COOH$	Актанавая (капрылавая)	237,5	16	0,25 (100 °С)
$C_9H_{18}O_2$	$CH_3(CH_2)_7COOH$	Нананавая (пеларгонавая)	254	12,5	Маларастваральная
$C_{10}H_{20}O_2$	$CH_3(CH_2)_8COOH$	Дэканавая (капрынавая)			
$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	Гексадэканавая (пальмітынавая)	351,5	64	Нераставаральная
$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	Актадэканавая (стэарынавая)	376,1	70	Нерастваральная

Функцыянальная група кіслот атрымала назву *карбаксільная*, таму што спалучае ў сабе карбанільную $>C{=}O$ і гідраксільную $-OH$ групы. Электронная шчыльнасць у групе $>C{=}O$ зрушана ў бок атама кіслароду з прычыны яго высокай электраадмоўнасці. У выніку гэтага на атаме вугляроду ўзнікае частковы дадатны зарад. Кампенсацыя ўзнікаючага дадатнага зараду адбываецца за кошт зрушэння электронаў непадзеленай пары атама кіслароду гідраксільнай групы. Памяншэнне электроннай шчыльнасці на атаме кіслароду гідраксільнай групы прыводзіць да зрушэння электронаў сувязі $O \longleftarrow H$ ад вадароду (мал. 57). Па гэтай прычыне хімічная сувязь паміж атамамі кіслароду і вадароду ў гідраксільнай групе становіцца больш палярнай, а атам вадароду больш рухомым, чым у спіртоў. Таму карбонавыя кіслоты валодаюць больш выражанымі кіслотнымі ўласцівасцямі, чым спірты.

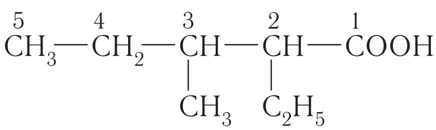


Мал. 57. Схема размеркавання электроннай шчыльнасці ў карбаксільнай групе карбонавых кіслот

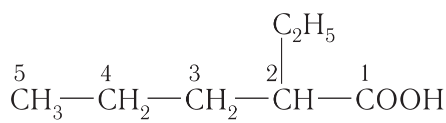
Наменклатура

Па правілах наменклатуры ІЮПАК назвы насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот утвараюць дадаванне да назвы алкану з тым жа лікам атамаў вугляроду суфікса **-авая** і слова «кіслата». Напрыклад, HCOOH — метан**авая** кіслата, CH_3-COOH — этан**авая** кіслата.

Назвы кіслот з разгалінаваным ланцугом алкільнай групы ўтвараюцца ў адпаведнасці з ужо вядомымі вам правіламі ІЮПАК. Напрыклад:



3-метыл-2-этылпентанавая кіслата

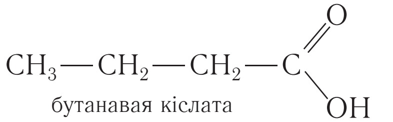


2-этылпентанавая кіслата

Для многіх найбольш вядомых кіслот ужываюцца трывіяльныя, якія гістарычна склаліся, назвы. Напрыклад, HCOOH — мурашыная кіслата, CH_3COOH — воцатная кіслата, $CH_3CH_2CH_2COOH$ — масляная кіслата.

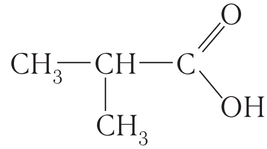
Ізамерыя

Для насычаных аднаасноўных кіслот, як і для альдэгідаў, характэрна структурная ізамерыя, абумоўленая ізамерыяй вугляроднага ланцуга. Напрыклад:



бутанавая кіслата

і



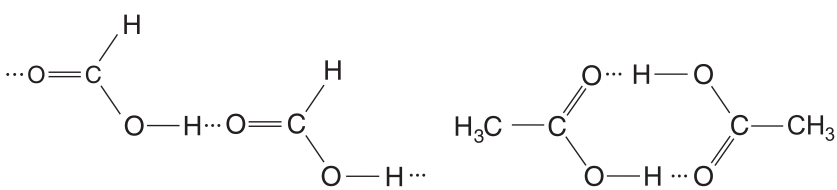
2-метылпрапанавая кіслата

Першыя тры прадстаўнікі гамалагічнага рада кіслот — метанавая, этанавая, прапанавая — ізамераў кіслот не маюць.

Фізічныя ўласцівасці

Ніжэйшыя насычаныя аднаасноўныя кіслоты (C_1 — C_9) уяўляюць сабой бясколерныя вадкасці, вышэйшыя кіслоты — цвёрдыя рэчывы. Метанавая, этанавая, прапанавая кіслоты маюць рэзкі, раздражняючы пах. З вадой яны змешваюцца ў любых судачыненнях. З павелічэннем даўжыні алкільнай групы кіслот іх растваральнасць у вадзе памяншаецца.

Што датычыцца тэмпературы кіпення кіслот, то, як вы можаце заўважыць (гл. табл. 25), яна звычайна вышэйшая за тэмпературы кіпення спіртоў і альдэгідаў з тым жа лікам атамаў вугляроду ў малекуле. Такая з'ява тлумачыцца тым, што насычаныя аднаасноўныя кіслоты ў вадкім стане ўтвараюць асацыяты за кошт міжмалекулярных вадародных сувязей (мал. 58). Для разрыву гэтых сувязей пры пераходзе з вадкага стану ў газападобны патрабуецца дадатковая энергія.



Мал. 58. Утварэнне вадароднай сувязі паміж малекуламі кіслот:
а — лінейны асацыят мурашынай кіслаты; *б* — дымерны асацыят воцатнай кіслаты

Асацыяты могуць быць лінейныя і цыклічныя (дымеры). Трываласць вадароднай сувязі такая, што метанавая і этанавая кіслоты нават у газападобным стане існуюць у выглядзе дымераў.

У прыродзе існуюць разнастайныя карбонавыя кіслоты, якія можна класіфікаваць па тыпу вуглевадароднага ланцуга і ліку функцыянальных груп.

Хімічны састаў і будова насычаных аднаасноўных кіслот выражаюцца агульнай формулай $C_nH_{2n+1}COOH$.

Для насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот характэрна структурная ізамерыя, абумоўленая ізамерыяй вугляроднага ланцуга.

Кіслоты ў вадкім стане ўтвараюць асацыяты за кошт міжмалекулярных вадародных сувязей.

Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя злучэнні адносяць да карбонавых кіслот?

2. Назавіце прыметы класіфікацыі карбонавых кіслот.

3. Прывядзіце агульную формулу, якая адлюстроўвае: а) хімічны састаў і будову насычаных аднаасноўных кіслот; б) малекулярны састаў гэтых кіслот.

4. Параўнайце агульныя формулы (малекулярныя) насычаных аднаатамных спіртоў, альдэгідаў і насычаных аднаасноўных кіслот. Чым яны адрозніваюцца і чаму?

5. Ахарактарызуйце электронную будову карбаксільнай групы.

6. З прапанаваных формул выберыце формулы карбонавых кіслот:

а) $CH_3—CHO$ $CH_3—CH_2—CHO$ C_6H_5OH $C_{17}H_{35}COOH$
б) C_6H_5COOH $HCHO$ C_2H_3COOH C_4H_9COOH

7. З прыведзеных формул выпішыце асобна формулы рэчываў аднаго гамалагічнага рада, прывядзіце яго агульную формулу:

а) C_2H_5COOH б) $CH_3—CH_2—COOH$ в) C_2H_5CHO
г) $CH_3—(CH_2)_3—COOH$ д) CH_3OH е) $CH_2OH—CH_2OH$
ж) $CH_3—CH_2—CH_2—COOH$

8. Складзіце формулы трох-чатырох структурных ізамераў кіслот саставу: а) $C_6H_{12}O_2$; б) $C_8H_{16}O_2$. Назавіце іх.

9. Вызначце формулу насычанай аднаасноўнай кіслаты, шчыльнасць пары якой па гелію роўна 18,5.

10. Складзіце структурную формулу насычанай аднаасноўнай кіслаты, масавая доля кіслароду ў якой роўна 43,24 %.

§ 34. Хімічныя ўласцівасці насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот

Хімічныя ўласцівасці кіслот абумоўлены наяўнасцю ў саставе іх малекул карбаксільнай групы, якая змяшчае пры адным і тым жа атаме вугляроду карбанільную і гідраксільную групы, што ўзаемна ўплываюць адна на адну.

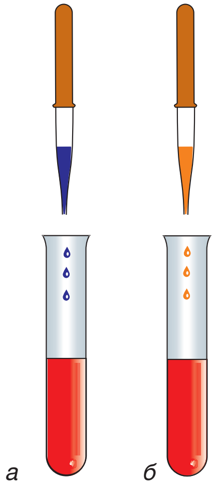
1) Кіслотныя ўласцівасці

Кіслотныя ўласцівасці насычаных аднаасноўных кіслот, як і кіслотныя ўласцівасці любых карбонавых кіслот, звязаны са здольнасцю атама вадароду карбаксільнай групы адшчапляцца ў выглядзе пратона. Рухомасць атама вадароду, як вам вядома, абумоўлена палярнасцю сувязі O—H.

Растваральныя ў вадзе кіслоты дысацыіруюць абарачальна ў водным растворы, напрыклад:

$$\underset{\text{воцатная кіслата}}{CH_3—COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{ацэтат-іон}}{CH_3COO^-} + H^+,$$

і таму змяняюць афарбоўку індыкатараў, паказваючы на прысутнасць у растворы іонаў вадароду. Так, напрыклад, у водным растворы воцатнай кіслаты індыкатары — метылавы аранжавы і лакмус — змяняюць афарбоўку з аранжавай і фіялетавай на чырвоную (мал. 59 на с. 140).



Мал. 59. Змяненне афарбоўкі індыкатараў пад дзеяннем воцатнай кіслаты: *а* — лакмусу; *б* — метылавага аранжавага

Ступень дысацыяцыі карбонавых кіслот у параўнанні з моцнымі неарганічнымі кіслотамі (сернай, салянай) нізкая. Карбонавыя кіслоты — слабыя электраліты, толькі метанавая кіслата (мурашыная) з'яўляецца электралітам сярэдняй сілы.

Кіслотныя ўласцівасці насычаных аднаасноўных кіслот праяўляюцца перш за ўсё пры іх узаемадзеянні з моцнымі асновамі з утварэннем солей, г. зн. у рэакцыі нейтралізацыі:

$$CH_3—COOH + KOH \longrightarrow \underset{\text{ацэтат калію}}{CH_3—COOK} + H_2O$$

У арганічнай хіміі выкарыстоўваюцца як трывіяльныя назвы солей карбонавых кіслот (ацэтат калію), так і назвы, утвораныя згодна з правіламі наменклатуры ІЮПАК. Такія назвы складваюцца з назваў аніёна і катыёна. Назва аніёна ўтвараецца шляхам замены ў назве карбонавай кіслаты суфікса -**авая** на -**аат:** CH_3COOK — этан**аат** калію.

Кіслотныя ўласцівасці карбонавых кіслот праяўляюцца таксама ў рэакцыях з некаторымі актыўнымі металамі (Mg, Ca, Al), асноўнымі аксідамі і солямі больш слабых кіслот. Усе рэакцыі адбываюцца з утварэннем солей карбонавых кіслот:

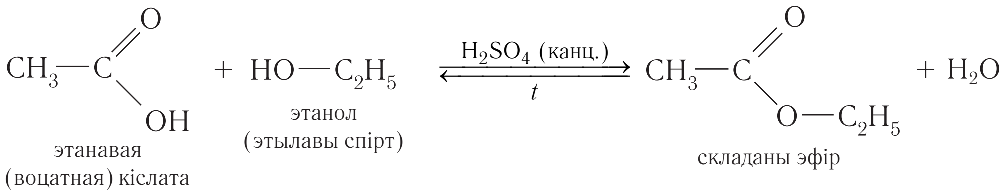
$$2CH_3COOH + Mg \longrightarrow \underset{\substack{\text{ацэтат магнію}\\ \text{(этанаат магнію)}}}{(CH_3COO)_2Mg} + H_2\uparrow$$

$$2CH_3COOH + MgO \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg + H_2O$$

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \longrightarrow \underset{\substack{\text{ацэтат натрыю}\\ \text{(этанаат натрыю)}}}{CH_3COONa} + CO_2\uparrow + H_2O$$

2) Узаемадзеянне са спіртамі

Карбонавыя кіслоты ўзаемадзейнічаюць са спіртамі ў прысутнасці моцных мінеральных кіслот з утварэннем складаных эфіраў:



3) Рэакцыя замяшчэння атама вадароду ў α-вугляроднага атама на атам галагену

Карбонавыя кіслоты могуць уступаць у рэакцыі замяшчэння атама вадароду ў α-угляроднага атама на атам галагену ў прысутнасці чырвонага фосфару:

$$\underset{\text{воцатная кіслата}}{CH_3COOH} + Cl_2 \xrightarrow{P_{\text{чырв}}} \underset{\text{хлорвоцатная кіслата}}{CH_2(Cl)COOH} + HCl$$

Хімічныя ўласцівасці карбонавых кіслот абумоўлены ў асноўным наяўнасцю ў малекуле карбаксільнай групы.

Хімічныя ўласцівасці карбонавых кіслот звязаны са здольнасцю атама вадароду функцыянальнай групы адшчапляцца ў выглядзе пратону.

Кіслотныя ўласцівасці праяўляюцца ў рэакцыях з асновамі, некаторымі актыўнымі металамі, аксідамі і солямі больш слабых кіслот.

Для карбонавых кіслот магчымы рэакцыі атрымання такіх функцыянальных вытворных кіслот, як складаныя эфіры.

Пытанні і заданні

1. Чым тлумачыцца здольнасць карбонавых кіслот праяўляць кіслотныя ўласцівасці і чаму ў іх гэтыя ўласцівасці праяўляюцца мацней, чым у насычаных аднаатамных спіртоў?

2. Чым тлумачыцца змяненне афарбоўкі індыкатару (лакмусу) у растворы воцатнай кіслаты?

3. Які ўплыў робіць састаў алкільнай групы кіслот на іх ступень дысацыяцыі?

4. Назавіце формулы рэчываў, у рэакцыі з якімі ўступаюць карбонавыя кіслоты:

а) Cl_2, Al, KOH, C_2H_5OH, Na_2SO_4, K_2CO_3;
б) Mg, Br_2, $CH_3—CH_2—CH_2OH$, KCl, $KHSO_4$.

5. Састаўце ўраўненні рэакцый, характэрных для воцатнай кіслаты.

6. Як доследным шляхам адрозніць раствор прапанавай кіслаты ад раствору прапантрыёлу-1,2,3?

7. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $CH_2{=}CH_2 \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_2Cl—COOH$
б) $CH_3—CH_2—CHO \longrightarrow CH_3—CH_2—COOH \longrightarrow CH_3—CH(Cl)—COOH$
$\qquad CH_3—CH_2—COOH \searrow C_2H_5—CO—OC_2H_5$

8. Вызначце малекулярную формулу насычанай аднаасноўнай кіслаты, калі: а) яе малярная маса роўна 158 г/моль; б) масавая доля вугляроду ў ёй роўна 54,54 %.

9. Вызначце масу солі, атрыманай у рэакцыі раствору воцатнай кіслаты і раствору гідраксіду калію аб’ёмам 145,2 $см^3$ (шчыльнасць 1,109 $г/см^3$) з масавай доляй шчолачы 12 %.

10. Складзіце структурную формулу насычанай карбонавай кіслаты, калі вядома, што ў рэакцыі кіслаты масай 11,84 г з магніем вылучыўся вадарод аб'ёмам (н. у.) 1,792 $дм^3$.

11. Вызначце, які аб'ём раствору воцатнай кіслаты з масавай доляй рэчыва 20 % (шчыльнасць 1,026 $г/см^3$) неабходна ўзяць для рэакцыі з: а) магніем масай 29,52 г; б) гідраксідам натрыю хімічнай колькасцю 2,12 моль; в) хлорам аб'ёмам (н. у.) 34,496 $дм^3$ у прысутнасці чырвонага фосфару.

Лабараторны дослед 5

Хімічныя ўласцівасці карбонавых і мінеральных кіслот

1. Наліце ў дзве прабіркі растворы воцатнай і салянай кіслот аб'ёмам прыкладна 1—2 $см^3$ і дабаўце да іх некалькі кропель раствору метыларанжу або лакмусу. Адзначце, ці адбыліся змяненні афарбоўкі індыкатара. Састаўце ўраўненні электралітычнай дысацыяцыі кіслот.

2. Дабаўце ў кожную прабірку столькі гідраксіду натрыю (або калію), каб прайшла поўная нейтралізацыя кіслот. Састаўце адпаведныя ўраўненні рэакцый у іонным выглядзе.

3. У дзве чыстыя прабіркі наліце растворы воцатнай і салянай кіслот аб'ёмам прыкладна па 1 $см^3$ і дабаўце ў кожную дробку гідракарбанату натрыю. Адзначце, якія змяненні адбыліся, і састаўце адпаведныя ўраўненні рэакцый.

4. Зрабіце вывад аб кіслотных уласцівасцях карбонавых і мінеральных кіслот.

§ 35. Атрыманне насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот і іх прымяненне

Насычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты, як спірты і альдэгіды, атрымліваюць прамысловым і лабараторным спосабамі.

Прамысловыя спосабы атрымання кіслот

1) Каталітычнае акісленне насычаных вуглевадародаў кіслародам паветра з утварэннем сумесі карбонавых кіслот:

$$R—CH_2—CH_2—R' + O_2 \xrightarrow{кат.} R—COOH + R'—COOH$$

Воцатную кіслату атрымліваюць пры частковым акісленні бутану ў прысутнасці солей марганцу і кобальту:

$$\underset{бутан}{2CH_3—CH_2—CH_2—CH_3} + 5O_2 \longrightarrow \underset{\substack{этанавая\ (воцатная)\\ кіслата}}{4CH_3COOH} + 2H_2O$$

Дадзеным спосабам у прамысловасці атрымліваюць як ніжэйшыя, так і вышэйшыя аліфатычныя карбонавыя кіслоты. Сыравінай для атрымання кіслот служаць розныя фракцыі перагонкі нафты, газы крэкінгу — алкены.

2) Воцатную кіслату таксама атрымліваюць акісленнем воцатнага альдэгіду кіслародам у прысутнасці каталізатара:

$$2CH_3—CHO + O_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2CH_3COOH$$

У прамысловасці метанавую (мурашыную) кіслату атрымліваюць спецыяльным спосабам пры ўзаемадзеянні аксіду вугляроду(II) з гарачым растворам гідраксіду натрыю пры павышаным ціску з утварэннем солі мурашынай кіслаты, якая далей пад дзеяннем моцнай мінеральнай кіслаты ператвараецца ў мурашыную кіслату:

$$CO + NaOH \longrightarrow \underset{\text{фарміят натрыю}}{HCOONa}$$

$$HCOONa + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{мурашыная кіслата}}{HCOOH} + NaHSO_4$$

3) Вышэйшыя карбонавыя кіслоты, такія, як пальміцінавая, стэарынавая, атрымліваюць у выніку гідролізу тлушчаў.

Лабараторныя спосабы атрымання кіслот

Першасныя спірты і альдэгіды акісляюцца ў карбонавыя кіслоты. У гэтых рэакцыях у якасці акісляльнікаў могуць выкарыстоўвацца перманганат калію, дыхрамат калію і інш.:

$$R—CH_2OH \xrightarrow{[O]} R—COOH$$

$$R—CHO \xrightarrow{[O]} R—COOH$$

Прымяненне карбонавых кіслот

Мурашыная кіслата прымяняецца ў тэкстыльнай і гарбарнай прамысловасці, а таксама для атрымання двухасноўнай шчаўевай кіслаты (HOOC—COOH). Яе таксама прымяняюць пры апрацоўцы скуры, для атрымання лекавых сродкаў, сродкаў аховы раслін, кансервантаў.

Многія карбонавыя кіслоты выкарыстоўваюцца для атрымання пахучых рэчываў.

Воцатная кіслата ў выглядзе раствору з масавай доляй 3—6 % (*сталовы воцат*) выкарыстоўваецца як харчовая прыправа, кансервант. Харчовую воцатную кіслату атрымліваюць пры мікрабіялагічным акісленні этанолу.

Асноўная частка воцатнай кіслаты, якая атрымліваецца, выкарыстоўваецца для вытворчасці штучных валокнаў на аснове цэлюлозы. Прымяняецца воцатная кіслата ў вытворчасці эфіраў (ацэтатаў), лекавых сродкаў (напрыклад, аспірыну), фарбавальнікаў.

3-Метылбутанавая кіслата прымяняецца для атрымання эфіраў, якія ўваходзяць у састаў лекавага сродку *валідолу*.
Бензойная кіслата C_6H_5COOH выкарыстоўваецца як кансервуючы сродак, а таксама ў вытворчасці лекавых сродкаў, пахучых рэчываў.

Вышэйшыя карбонавыя кіслоты (пальміцінавая і стэарынавая) прымяняюцца для вытворчасці мыла рознага прызначэння.

Крыніцамі атрымання карбонавых кіслот з'яўляюцца насычаныя вуглевадароды і іх вытворныя.

Воцатная кіслата знаходзіць шырокае прымяненне ў вытворчасці штучных валокнаў, харчовай прамысловасці.

Пытанні і заданні

1. Назавіце прамысловыя спосабы атрымання насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот.

2. Пералічыце, якія рэчывы могуць служыць сыравінай для атрымання воцатнай кіслаты.

3. Састаўце ўраўненні рэакцый атрымання воцатнай кіслаты.

4. Састаўце ўраўненне рэакцыі атрымання метанавай кіслаты ў прамысловасці.

5. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

а) $CH_2{=}CH_2 \longrightarrow CH_3{-}CHO \longrightarrow CH_3{-}COOH \longrightarrow CH_3{-}COOK$;

б) $C_4H_8 \longrightarrow C_4H_{10} \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3{-}COO{-}C_2H_5$.

6. У працэсе каталітычнага акіслення бутану атрымалі воцатную кіслату масай 495 кг. Практычны выхад кіслаты ў рэакцыі 70 %. З атрыманай кіслаты прыгатавалі раствор з масавай доляй 40 %. Вызначце аб'ём бутану (у $м^3$, н. у.), затрачанага ў вытворчасці, і масу (у кг) атрыманага раствору воцатнай кіслаты.

7. Разлічыце масу (у грамах) 100 %-й воцатнай кіслаты, якую неабходна прыбавіць да раствору воцатнай кіслаты масай 140 г з масавай доляй кіслаты 70 %, каб атрымаць раствор кіслаты з масавай доляй 80 %.

8. У працэсе паслядоўнага атрымання мурашынай кіслаты з аксіду вугляроду(II) пры ўзаемдзеянні з гарачым растворам шчолачы і далей з сернай кіслатой была затрачана серная кіслата масай 2,0384 кг. Які аб'ём аксіду вугляроду(II) (у $дм^3$, н. у.) быў затрачаны на атрыманне мурашынай кіслаты?

9. Воцатную кіслату атрымалі ў ходзе трох паслядоўных рэакцый з этылену аб'ёмам (н. у.) 120 $м^3$. На кожным этапе вытворчасці страты складалі 8 % па масе. Вызначце хімічную колькасць (у моль) атрыманай кіслаты.

10. Пры акісленні невядомага альдэгіду масай 73,92 г атрымана карбонавая аднаасноўная насычаная кіслата масай 100,8 г. Вызначце формулу карбонавай кіслаты.

Практычная работа 2

Атрыманне воцатнай кіслаты і даследаванне яе ўласцівасцей

1. Змясціце ў прабірку 2—3 г бязводнай солі ацэтату натрыю і прыбаўце па кроплях раствор сернай кіслаты (1 : 10) так, каб ён змачыў соль.

2. Награвайце прабірку з сумессю рэчываў на полымі спіртоўкі (мал. 60) на працягу 1—2 мін, прытрымліваючыся правіл тэхнікі небяспекі. Звярніце ўвагу на з'яўленне паху. Воцатная кіслата збіраецца ў прабірцы-прыёмніку пры ахаладжэнні.

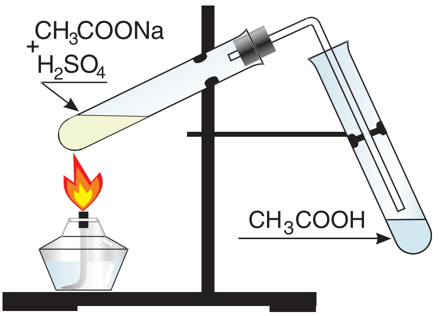
3. Састаўце ўраўненне рэакцыі. Зрабіце вывад аб магчымых лабараторных спосабах атрымання карбонавых кіслот.

4. Наліце ў дзве прабіркі раствор воцатнай кіслаты, выдадзенай для выканання доследу, аб'ёмам 0,5—1,0 $см^3$.

У першую прабірку дабаўце некалькі кропель раствору лакмусу, а затым нейтралізуйце кіслату растворам шчолачы. Сastaўце ўраўненне рэакцыі.

У другую прабірку з воцатнай кіслатой змясціце крыху парашку магнію. Састаўце ўраўненне рэакцыі.

5. Наліце ў дзве прабіркі раствор воцатнай кіслаты, выдадзенай для выканання доследу, аб'ёмам 0,5—1,0 см^3.



Мал. 60. Схема прыбора для атрымання воцатнай кіслаты ў лабараторыі

У адну прабірку дабаўце крыху парашку аксіду магнію, а ў другую — соль, напрыклад гідракарбанат натрыю. Назірайце, якія змяненні адбываюцца ў прабірках. Састаўце ўраўненні адпаведных рэакцый.

6. Зрабіце вывад аб кіслотных уласцівасцях воцатнай кіслаты, параўнайце іх з уласцівасцямі мінеральных кіслот (сернай або салянай).

§ 36. Ненасычаныя карбонавыя кіслоты

Акрылавая кіслата

Прасцейшым прадстаўніком ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот з'яўляецца кіслата $CH_2{=}CH{-}COOH$, трывіяльная назва якой *акрылавая кіслата* (па наменклатуры ІЮПАК — *прапенавая кіслата*).

Акрылавая кіслата захоўвае ўсе ўласцівасці карбонавых кіслот і ўласцівасці алкенаў. Яна абясколервае водны раствор перманганату калію, здольная да рэакцый далучэння, напрыклад вадароду (гідрыраванне), галагенаў (абясколервае бромную ваду):

$$\underset{\text{прапенавая (акрылавая) кіслата}}{CH_2{=}CH{-}COOH} + H_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \underset{\text{прапанавая кіслата}}{CH_3{-}CH_2{-}COOH}$$

$$\underset{\text{прапенавая (акрылавая) кіслата}}{CH_2{=}CH{-}COOH} + Br_2 \xrightarrow[H_2O]{} \underset{\text{2,3-дыбромпрапанавая кіслата}}{CH_2Br{-}CHBr{-}COOH}$$

Важнейшая ўласцівасць акрылавай кіслаты як ненасычанай кіслаты — здольнасць да палярызацыі:

$$\underset{\text{акрылавая кіслата}}{nCH_2{=}CH{-}COOH} \longrightarrow \underset{\text{палімер}}{\left(-CH_2{-}\overset{\overset{\large COOH}{|}}{CH}-\right)_n}$$

Акрылавая кіслата, яе гамолаг *метакрылавая кіслата* $CH_2{=}C(CH_3){-}COOH$, і складаныя эфіры гэтых кіслот служаць манамерамі для атрымання палімерных матэрыялаў, такіх, як арганічнае шкло, сінтэтычныя валокны (нітрон, ПАН).

Алеінавая кіслата

Да вышэйных ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот, якія змяшчаюць адну двайную сувязь, належыць *алеінавая кіслата* $C_{17}H_{33}COOH$, структурная формула якой

$$CH_3—(CH_2)_7—CH═CH—(CH_2)_7—COOH.$$

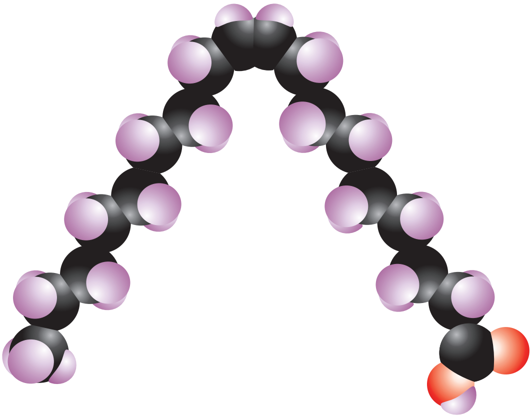
Двайная сувязь у вуглевадароднай групе знаходзіцца паміж 9-м і 10-м атамамі вугляроду. Маштабная мадэль алеінавай кіслаты паказана на малюнку 61.

Алеінавая кіслата — масляністая вадкасць, лягчэйшая за ваду, без паху, нерастваральная ў вадзе, але раствараецца ў арганічных растваральніках. Яна змяшчаецца амаль ва ўсіх жывёльных і раслінных тлушчах у выглядзе складаных эфіраў гліцэрыны і мае двайную сувязь *цыс*-будовы. У вялікіх колькасцях астаткі алеінавай кіслаты змяшчаюцца ў саставе аліўкавага, міндальнага і сланечнікавага алеяў.

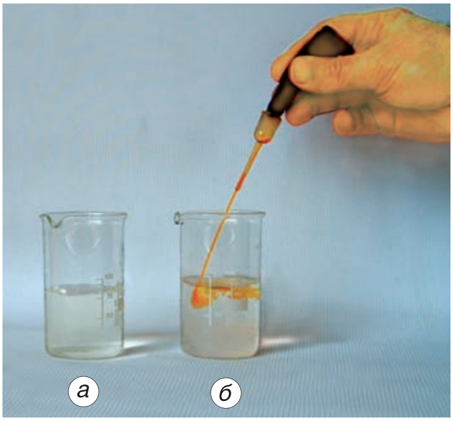
Алеінавую кіслату вылучаюць гідролізам вадкіх тлушчаў. Але ў вялікай колькасці яе атрымліваюць каталітычным акісленнем вуглевадародаў у прысутнасці каталізатара — солей марганцу.

Алеінавая кіслата як прадстаўнік карбонавых кіслот валодае ўсімі ўласцівасцямі карбонавых кіслот. Алеінавая кіслата, як воцатная кіслата і яе гамолагі, узаемадзейнічае з некаторымі актыўнымі металамі, асновамі, солямі больш слабых кіслот, спіртамі. Ураўненні такіх рэакцый вы можаце саставіць самастойна па аналогіі з насычанымі кіслотамі.

Для алеінавай кіслаты як ненасычанай кіслаты характэрны рэакцыі далучэння.



Мал. 61. Маштабная мадэль малекулы алеінавай кіслаты



Мал. 62. Абясколерванне бромнай вады алеінавай кіслатой: *а* — алеінавая кіслата; *б* — рэакцыя з бромнай вадой

Па месцы двайной сувязі алеінавая кіслата далучае вадарод з утварэннем кіслаты насычанага рада — *стэарынавай:*

$$\underset{\text{алеінавая кіслата}}{CH_3—(CH_2)_7—CH═CH—(CH_2)_7—COOH} + H_2 \longrightarrow \underset{\text{стэарынавая кіслата}}{CH_3—(CH_2)_{16}—COOH}$$

Рэакцыя гідрыравання алеінавай кіслаты мае вялікае прамысловае значэнне і выкарыстоўваецца ў вытворчасці *маргарыну* з вадкіх тлушчаў.

Па месцы двайной сувязі да алеінавай кіслаты могуць далучацца галагены, напрыклад бром (мал. 62):

$$\underset{\text{алеінавая кіслата}}{CH_3—(CH_2)_7—CH═CH—(CH_2)_7—COOH} + Br_2 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow CH_3—(CH_2)_7—CHBr—CHBr—(CH_2)_7—COOH$$

9,10-дыбромактадэканавая
(дыбромстэарынавая) кіслата

Алеінавая кіслата ў саставе тлушчаў з'яўляецца неабходнай складальнай ежы чалавека. Прымяняецца ў вытворчасці мыла, у тэкстыльнай вытворчасці (для апрацоўкі шэрсці), пры вырабе тыпаграфскіх фарбаў.

Да вышэйшых ненасычаных кіслот з некалькімі двайнымі сувязямі ў малекуле адносяцца *лінолевая* $C_{17}H_{31}COOH$ і *ліналенавая* $C_{17}H_{29}COOH$ кіслоты.
У малекуле лінолевай кіслаты дзве двайныя сувязі:

$$\underset{\text{актадэкадыен-9,12-авая кіслата}}{CH_3—(CH_2)_4—CH═CH—CH_2—CH═CH—(CH_2)_7—COOH},$$

а ў малекуле ліналенавай кіслаты тры двайныя сувязі:

$$\underset{\text{актадэкатрыен-9,12,15-авая кіслата}}{CH_3—CH_2—CH═CH—CH_2—CH═CH—CH_2—CH═CH—(CH_2)_7—COOH}$$

Астаткі абедзвюх кіслот уваходзяць у састаў вадкіх тлушчаў. Спажыванне тлушчаў, якія змяшчаюць гэтыя кіслоты, неабходна для здароўя чалавека, паколькі яны не сінтэзуюцца ў арганізме.
Вялікае практычнае значэнне мае *сарбінавая кіслата* C_5H_7COOH, у малекуле якой змяшчаюцца дзве двайныя сувязі:

$$CH_3—CH═CH—CH═CH—COOH$$

У прыродзе сарбінавая кіслата сустракаецца ў некаторых раслінах, а ўпершыню была вылучана з ягад рабіны ў сярэдзіне XIX ст.
Сарбінавая кіслата валодае бактэрыцыднымі ўласцівасцямі і таму прымяняецца ў харчовай прамысловасці ў якасці кансервуючага сродку.

У арганічнай хіміі існуюць ненасычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты з адной, дзвюма і больш двайнымі сувязямі.

Ненасычаныя кіслоты спалучаюць у сябе хімічныя ўласцівасці карбонавых кіслот і алкенаў.

Алеінавая кіслата выкарыстоўваецца ў вытворчасці маргарыну. Яна з'яўляецца важным кампанентам харчавання чалавека, яе астаткі ў значнай колькасці ўваходзяць у састаў вадкіх тлушчаў.

Пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце хімічную будову ненасычаных карбонавых кіслот.

2. Састаўце агульную формулу, якая адлюстроўвае хімічную будову гамолагаў алеінавай кіслаты.

3. Пералічыце хімічныя ўласцівасці, характэрныя як для насычаных, так і для ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот.

4. З формул рэчываў розных класаў выберыце асобна формулы насычаных і ненасычаных аднаасноўных карбонавых кіслот:

а) C_2H_3COOH б) $HOOC—CH_2—COOH$ в) $C_{17}H_{33}COOH$
г) C_4H_9COOH д) C_6H_5COOH е) C_3H_5CHO
ж) CH_3COOH з) C_5H_7COOH

Дайце назвы вядомым вам рэчывам.

5. Ці можна на аснове малекулярнай формулы карбонавай аднаасноўнай кіслаты вызначыць лік двайных сувязей у вуглевадароднай групе? Прывядзіце прыклады, якія пацвярджаюць вашы разважанні.

6. З дапамогай якой рэакцыі можна даказаць, што алеінавая кіслата адносіцца да ненасычаных кіслот?

7. Як з дапамогай хімічных рэакцый даказаць, што алеінавая кіслата валодае дваістай хімічнай функцыяй?

8. Дзе ў прыродзе сустракаюцца: а) алеінавая кіслата; б) лінолевая кіслата; в) сарбінавая кіслата?

9. Назавіце галіны выкарыстання акрылавай, метакрылавай і сарбінавай кіслот.

10. Вызначце малекулярную формулу ненасычанай аднаасноўнай кіслаты з адной двайной сувяззю ў вуглевадароднай групе, калі вядома, што: а) шчыльнасць пары кіслаты па паветры роўна 2,965; б) на гідрыраванне невядомай кіслаты масай 135,36 г затрачаны вадарод аб’ёмам (н. у.) 10,752 дм^3.

§ 37. Рашэнне разліковых задач

У дадзеным параграфе разглядаюцца прыклады рашэння такіх тыпаў задач, як разлікі па ўраўненнях рэакцый, якія праходзяць у растворах, і вызначэнне малекулярных формул арганічных рэчываў на падставе якаснага і колькаснага саставу для альдэгідаў і карбонавых кіслот.

Прыклад 1. Вызначце масу солі, якая атрымалася пры дабаўленні магнію, узятага ў лішку, да раствору воцатнай кіслаты масай 26 г з масавай доляй кіслаты 6 %.

Рашэнне

1) Агульныя формулы, якія выкарыстоўваюцца пры разліках, і малярныя масы рэчываў:

$$w_{рэч} = \frac{m_{рэч}}{m_{раств}} \cdot 100\ \%; \quad n = \frac{m}{M};$$

$$M_{CH_3COOH} = 60\ г/моль; \ M_{(CH_3COO)_2Mg} = 142\ г/моль.$$

2) Вызначаем масу і хімічную колькасць воцатнай кіслаты ў растворы:

$$6\ \% = \frac{m_{рэч}}{26} \cdot 100\ \%;\ \ m_{рэч} = 3{,}12\ г;$$
$$n_{кіслаты} = 0{,}052\ моль\ (3{,}12 : 60).$$

3) Зыходзячы з аналіза ўраўнення рэакцыі, вызначаем хімічную колькасць атрыманай солі:

$$\underset{2\ моль}{\overset{0{,}052\ моль}{2CH_3COOH}} + Mg \longrightarrow \underset{1\ моль}{\overset{x\ моль}{(CH_3COOH)_2Mg}} + H_2\uparrow$$

$$x = \frac{0{,}052 \cdot 1}{2} = 0{,}026\ (моль);\ n_{солі} = 0{,}026\ моль.$$

Вызначаем масу солі:

$$m_{солі} = 3{,}69\ г\ (0{,}026 \cdot 142).$$

Адказ: $m_{солі} = 3{,}69$ г.

Прыклад 2. Разлічыце масавую долю солі (%), якая атрымалася пры дабаўленні да раствору воцатнай кіслаты масай 50 г з масавай доляй кіслаты 6 % раствору гідраксіду натрыю масай 40 г. Шчолачы ў растворы было дастаткова для поўнай нейтралізацыі кіслаты.

Рашэнне

1) Агульныя формулы для разлікаў і малекулярныя масы рэчываў:

$$w_{рэч} = \frac{m_{рэч}}{m_{раств}} \cdot 100\ \%;\ \ n = \frac{m}{M};$$

$$M_{CH_3COOH} = 60\ г/моль;\ M_{CH_3COONa} = 82\ г/моль.$$

2) Вызначаем масу і хімічную колькасць воцатнай кіслаты ў растворы:

$$6\ \% = \frac{m_{рэч}}{50} \cdot 100\ \%;\ m_{рэч} = 3\ г;$$
$$n_{кіслаты} = 0{,}05\ моль\ (3 : 60).$$

3) Зыходзячы з аналізу ўраўнення рэакцыі, вызначаем хімічную колькасць атрыманай солі, далей яе масу і масавую долю ў новым растворы:

$$\underset{1\ моль}{\overset{0{,}05\ моль}{CH_3COOH}} + NaOH \longrightarrow \underset{1\ моль}{\overset{0{,}05\ моль}{CH_3COONa}} + H_2O$$

$$m_{солі} = 4{,}1\ г\ (0{,}05 \cdot 82);$$

$$w = \frac{4{,}1\ г}{50\ г + 40\ г} \cdot 100\ \%;\ w_{солі} = 4{,}56\ \%.$$

Адказ: $w_{солі} = 4{,}56$ %.

Прыклад 3. Вызначце малекулярную формулу аліфатычнага насычанага альдэгіду, у якім масавая доля кіслароду роўна 22,22 %.

Рашэнне

1) Для вызначэння малекулярнай формулы выкарыстоўваем агульную формулу $w = \frac{A_{r\text{O}}}{M_{r\text{кіслаты}}} \cdot 100~\%$ з разліку на 1 моль альдэгіду, агульная формула якога $C_nH_{2n}O$:

$$22{,}22~\% = \frac{16}{12n + 2n + 16} \cdot 100~\%, \text{ адкуль } n = 4.$$

2) Значыць, малекулярная формула альдэгіду C_4H_8O.

Адказ: C_4H_8O.

Прыклад 4. Вызначце формулу насычанай аднаасноўнай карбонавай кіслаты, шчыльнасць пары якой па кіслароду роўна 2,75.

Рашэнне

1) Для вызначэння формулы кіслаты выкарыстоўваем агульную формулу $D_{O_2} = \frac{M_{\text{кіслаты}}}{M_{O_2}}$ і агульную формулу класа насычаных кіслот $C_nH_{2n}O_2$:

$$M_{\text{кіслаты}} = 2{,}75 \cdot 32 \text{ г/моль}; \; M_{\text{кіслаты}} = 88 \text{ г/моль};$$

$$M_{C_nH_{2n}O_2} = 88 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{кіслаты}} = 14n + 2n + 32, \text{ адкуль } n = 4.$$

2) Такім чынам, малекулярная формула насычанай кіслаты $C_4H_8O_2$, а хімічная формула C_3H_7COOH.

Адказ: C_3H_7COOH.

Прыклад 5. Вызначце малекулярную формулу невядомага альдэгіду, пры аднаўленні якога масай 7,308 г атрымалі насычаны аднаатамны спірт масай 7,56 г.

Рашэнне

1) Прааналізуем ураўненне рэакцыі аднаўлення альдэгіду:

$$\underset{1\text{ моль}}{C_nH_{2n}O} + \underset{1\text{ моль}}{H_2} \longrightarrow \underset{1\text{ моль}}{C_nH_{2n+2}O}.$$

Гэта рэакцыя далучэння. Рознасць мас альдэгіду і спірту 0,252 г і ёсць маса вадароду, які ўступіў у рэакцыю. Хімічная колькасць вадароду роўна 0,126 моль (0,252 : 2).

2) Адпаведна ўраўненню рэакцыі хімічная колькасць вадароду роўна хімічнай колькасці альдэгіду. Па формуле $M = \frac{m}{n}$ вызначаем малярную масу альдэгіду:

$$M = 7{,}308 \text{ г} : 0{,}126 \text{ моль} = 58 \text{ г/моль}.$$

3) Па агульнай формуле класа вызначаем формулу альдэгіду:

$$M_{C_nH_{2n}O} = 58 \text{ г/моль};\ 12n + 2n + 16 = 58,\ \text{адкуль}\ n = 3.$$

Значыць, формула альдэгіду C_3H_6O, або C_2H_5CHO.

Адказ: C_2H_5CHO.

Прыклад 6. Вызначце малекулярную формулу насычанай аднаасноўнай карбонавай кіслаты, пры спальванні пары якой масай 18,5 г атрымалі вуглекіслы газ аб'ёмам (н. у.) 16,8 дм^3 і ваду масай 13,5 г.

Рашэнне

Першы спосаб

1) Вызначаем хімічную колькасць вуглякіслага газу і вады, якія ўтварыліся; далей аналізуем ураўненне рэакцыі гарэння, каэфіцыенты ў якім пастаўлены з разліку, што сгарае 1 моль кіслаты:

$$n = \frac{m}{M};\ n = \frac{V}{V_m};\ V_m = 22{,}4\ \text{дм}^3/\text{моль};$$

тады $n'_{CO_2} = 0{,}75$ моль $(16{,}8 : 22{,}4)$; $n'_{H_2O} = 0{,}75$ моль $(13{,}5 : 18)$, адкуль

$$n'_C = 0{,}75\ \text{моль, а}\ n'_H = 1{,}5\ \text{моль}.$$

$$\underset{1\ \text{моль}}{1C_nH_{2n}O_2} + \frac{3n-2}{2}O_2 \longrightarrow \underset{n\ \text{моль}}{\overset{0{,}75\ \text{моль}}{nCO_2}} + \underset{n\ \text{моль}}{\overset{0{,}75\ \text{моль}}{nH_2O}}$$

2) Вызначаем масы вугляроду і вадароду, якія змяшчаюцца ў кіслаце масай 18,5 г, а потым масу і хімічную колькасць атамарнага кіслароду:

$$m_C = 9\ \text{г}\ (0{,}75 \cdot 12);\ m_H = 1{,}5\ \text{г}\ (1{,}5 \cdot 1);$$

$$m_{(C+H)} = 10{,}5\ \text{г}\ (9 + 1{,}5),\ \text{тады}\ m_O = 8\ \text{г}\ (18{,}5 - 10,\ 5);$$

$$n'_O = 0,\ 5\ \text{моль}\ (8 : 16).$$

Вызначаем формулу карбонавай кіслаты, зыходзячы з агульнай формулы $C_nH_{2n}O_2$:

$$\frac{n'_C}{n_C} = \frac{n'_O}{n_O},\ \text{тады}\ \frac{0{,}75}{n} = \frac{0{,}5}{2},\ \text{адкуль}\ n_C = 3.$$

Значыць, малекулярная формула карбонавай кіслаты $C_3H_6O_2$.

Другі спосаб

Аналізуем ураўненне рэакцыі, зыходзячы з масы пары кіслаты, якая сгарэла:

$$\underset{(12n+2n+32)\ \text{г}}{\overset{18{,}5\ \text{г}}{1C_nH_{2n}O_2}} + \frac{3n-2}{2}O_2 \longrightarrow \underset{n\ \text{моль}}{\overset{0{,}75\ \text{моль}}{nCO_2}} + nH_2O$$

$$\frac{18{,}5}{14n+32} = \frac{0{,}75}{n}, \text{ адкуль } n = 3.$$

Значыць, формула кіслаты $C_3H_6O_2$.

Адказ: $C_3H_6O_2$.

Задачы для самастойнага рашэння

1. Вызначце малекулярную формулу аліфатычнага альдэгіду, пры спальванні пары якога масай 19,72 г атрымалі вуглякіслы газ аб'ёмам (н. у.) 22,848 $дм^3$ і ваду аб'ёмам 18,36 $см^3$.

2. Вызначце формулу насычанай аднаасноўнай кіслаты, у якой масавая доля вугляроду роўна 58,82 %.

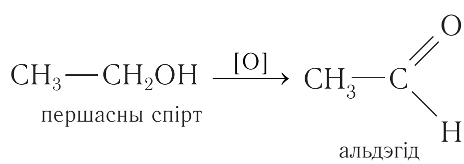
3. Вызначце малекулярную формулу аліфатычнага насычанага альдэгіду, шчыльнасць пары якога па гелію роўна 7,5.

4. Вызначце формулу насычанай аднаасноўнай кіслаты, якая атрымана масай 43,8 г пры акісленні адпаведнага аліфатычнага альдэгіду масай 32,12 г.

§ 38. Узаемасувязь паміж вуглевадародамі, спіртамі, альдэгідамі, карбонавымі кіслотамі

Вывучаючы курс арганічнай хіміі, вы пазнаёміліся з будовай, хімічнымі ўласцівасцямі, спосабамі атрымання важнейшых прадстаўнікоў такіх класаў арганічных злучэнняў, як вуглевадароды, спірты, фенолы, альдэгіды, карбонавыя кіслоты. Пры гэтым вы, хутчэй за ўсё, адзначылі, што, вывучаючы хімічныя ўласцівасці рэчываў аднаго класа, вы знаёміліся са спосабамі атрымання арганічных рэчываў іншых класаў.

Напрыклад, пры акісленні першасных насычаных аднаатамных спіртоў утвараюцца альдэгіды:



Разглядаючы крыніцы прыроднай сыравіны, якія выкарыстоўваюцца для сінтэзу шматлікіх арганічных рэчываў, вы таксама адзначылі, што для ажыццяўлення многіх рэакцый на вытворчасці ў якасці зыходнай сыравіны выкарыстоўваюць вуглевадароды. Прыроднымі крыніцамі вуглевадародаў з'яўляюцца нафта і фракцыі яе перапрацоўкі, прыродны газ і спадарожныя нафтавыя газы.

Разгледзім для прыкладу, якія паслядоўныя працэсы можна ажыццявіць пры атрыманні насычанай аднаасноўнай карбонавай кіслаты з алканаў. Спачатку трэба запісаць схему, якая адлюстроўвае паслядоўнасць магчымых хімічных рэакцый. Напрыклад: алкан $\longrightarrow$ галагеналкан $\longrightarrow$ спірт $\longrightarrow$ альдэгід $\longrightarrow$

⟶ карбонавая кіслата. Калі зыходным алканам будзе этан, то канкрэтная схема атрымання карбонавай кіслаты будзе мець такі выгляд:

$$C_2H_6 \xrightarrow{1} C_2H_5Cl \xrightarrow{2} C_2H_5OH \xrightarrow{3} CH_3-C\begin{matrix}{/\!\!/}O \\ \diagdown H\end{matrix} \xrightarrow{4} CH_3-C\begin{matrix}{/\!\!/}O \\ \diagdown OH\end{matrix}$$

Саставім ураўненні хімічных рэакцый, якія ілюструюць працэс атрымання карбонавай кіслаты, адзначыўшы ўмовы праходжання рэакцый:

1) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{хлорэтан}}{C_2H_5Cl} + HCl;$

2) $C_2H_5Cl + KOH \longrightarrow \underset{\text{этанол}}{C_2H_5OH} + KCl;$

3) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t} \underset{\text{этаналь}}{CH_3-C\begin{matrix}{/\!\!/}O \\ \diagdown H\end{matrix}} + Cu + H_2O;$

4) $CH_3-C\begin{matrix}{/\!\!/}O \\ \diagdown H\end{matrix} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} \underset{\text{этанавая кіслата}}{CH_3-C\begin{matrix}{/\!\!/}O \\ \diagdown OH\end{matrix}} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O.$

Безумоўна, што, для таго каб практычна ажыццявіць падобныя рэакцыі, неабходны веды хімічных уласцівасцей рэчываў розных класаў і ўмоў іх практычнага ажыццяўлення. Акрамя таго, каб рашэнне праблемы атрымання прадукту з наяўнай сыравіны было эканамічна выгадна, часта трэба выбіраць працэс з меншым лікам крокаў (або вытворчых стадый). У дадзеным выпадку добрыя веды хіміі і ўменне разважаць дазволяць скласці больш кароткую схему атрымання этанавай кіслаты з этану:

этан ⟶ этэн ⟶ этанол ⟶ этанавая кіслата,
або этан ⟶ этэн ⟶ этаналь ⟶ этанавая кіслата.

Больш таго, веды хімічных уласцівасцей арганічных рэчываў дазваляюць пры выкананні канкрэтнай задачы падбіраць такую зыходную сыравіну, з якой прадукт рэакцыі атрымліваюць яшчэ з меншым лікам паслядоўных працэсаў. Напрыклад, этанавую кіслату можна атрымаць у адну стадыю пры каталічным акісленні бутану кіслародам паветра:

$$2CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4CH_3COOH + 2H_2O$$

Працэс атрымання зададзенага арганічнага рэчыва з канкрэтнай сыравіны можна выразіць праз адпаведныя формулы класаў арганічных злучэнняў. Такую сувязь можна запісаць у выглядзе наступнай схемы:

$$C_nH_{2n+2} \xrightarrow{+Hal} C_nH_{2n+1}Hal \xrightarrow[H_2O]{+KOH} C_nH_{2n+1}OH \xrightarrow[t]{+CuO}$$

$$\longrightarrow C_{n-1}H_{2n-1}CHO \xrightarrow[t]{Ag_2O/NH_3 \cdot H_2O} C_{n-1}H_{2n-1}COOH \text{ і г. д.}$$

Разнастайныя схемы ўзаемасувязі вуглевадародаў і кіслародзмяшчальных арганічных злучэнняў дадзены ў пераліку заданняў пасля параграфа для самастойнай работы. Выконваючы прапанаваныя заданні, вы атрымаеце доказы глыбокай узаемнай сувязі паміж рознымі класамі арганічных злучэнняў. Гэта дапаможа вам пры далейшым вывучэнні хіміі і будзе садзейнічаць разуменню сутнасці хімічных працэсаў.

На падставе ведаў аб узаемасувязі паміж рознымі класамі арганічных рэчываў людзі навучыліся атрымліваць тысячы разнастайных арганічных рэчываў, якія не толькі існуюць у прыродзе, але і не існуюць, а таксама рэчываў з загадзя пэўнымі ўласцівасцямі.

Пытанні і заданні

1. Пералічыце прыродныя крыніцы вуглевадародаў.

2. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $CH_4 \longrightarrow CH_3Br \longrightarrow CH_3OH \longrightarrow HCHO \longrightarrow HCOOH \longrightarrow HCOONa$;
б) $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3{-}COOC_2H_5$;
в) $C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5Cl \longrightarrow C_6H_5OH \longrightarrow C_6H_5OK$;

г) $C_2H_2 \longrightarrow C_2H_4 \xrightarrow{PdCl_2} A \xrightarrow{[O]} A_1$;

$\quad C_2H_4 \xrightarrow[H_2O]{KMnO_4} Б \xrightarrow{HCl} Б_1$;

д) $C_2H_5OH \longrightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \longrightarrow CH_2Br{-}CHBr{-}CH{=}CH_2 +$
$+ CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br \longrightarrow CH_2Br{-}CHBr{-}CHBr{-}CH_2Br$.

РАЗДЗЕЛ 7

СКЛАДАНЫЯ ЭФІРЫ. ТЛУШЧЫ

Складаныя эфіры з'яўляюцца функцыянальнымі вытворнымі карбонавых кіслот. У састаў малекул складаных эфіраў уваходзяць астаткі карбонавых кіслот і спіртоў.

§ 39. Складаныя эфіры

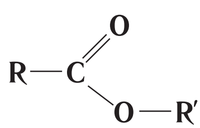
Будова

Складаныя эфіры разглядаюць як функцыянальныя вытворныя карбонавых кіслот, у якіх гідраксільная група замешчана астаткам спірту або фенолу.

У прыродзе складаныя эфіры прадстаўлены дастаткова шырока, але вялікую колькасць самых разнастайных эфіраў атрымліваюць сінтэтычным шляхам.

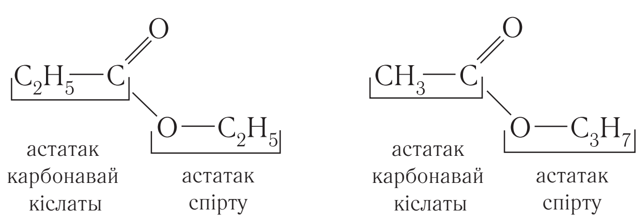
У дадзеным курсе арганічнай хіміі асноўным аб'ектам вывучэння будуць складаныя эфіры — вытворныя насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот і насычаных аднаатамных спіртоў.

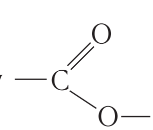
Агульная формула, якая адлюстроўвае будову складаных эфіраў,



,

дзе R і R′ з'яўляюцца алкільнымі групамі, якія могуць быць як аднолькавыя, так і розныя, напрыклад:



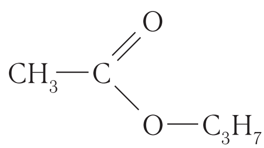
Складаныя эфіры змяшчаюць функцыянальную групу  , якую называюць *складанаэфірнай*.

Малекулярны састаў эфіраў, якія разглядаюцца, будзе адлюстроўвацца агульнай формулай $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$, такой жа, як для насычаных аднаасноўных карбонавых кіслот.

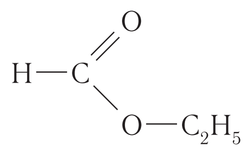
Наменклатура і ізамерыя

Пры называнні складаных эфіраў па правілах змяшчальнай наменклатуры ІЮПАК спачатку называюць алкільную групу спірту, затым кіслату, замяняючы суфікс **-авая** на суфікс **-аат**.

Правіламі ІЮПАК дапускаюцца і такія назвы складаных эфіраў, калі спачатку называецца спірт, затым запісваецца слова «эфір» і далей назва кіслаты. Напрыклад:



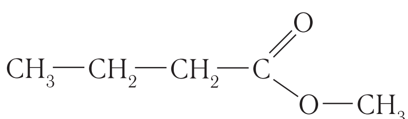
прапілэтан**аат**
(прапілавы эфір
воцатнай кіслаты)



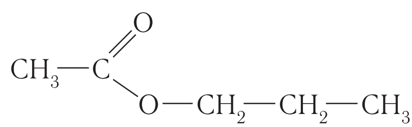
этылметан**аат**
(этылавы эфір
мурашынай кіслаты)

Для складаных эфіраў, якія разглядаюцца, магчыма існаванне структурнай ізамерыі ўнутры класа.

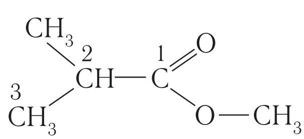
Напрыклад, ізамеры саставу $C_5H_{10}O_2$:



метылбутанаат



прапілэтанаат



метыл-2-метылпрапанаат

Фізічныя ўласцівасці

Складаныя эфіры, утвораныя ніжэйшымі карбонавымі кіслотамі і спіртамі, — лятучыя, маларастваральныя або практычна не растваральныя ў вадзе вадкасці. Яны добра раствараюцца ў большасці арганічных растваральнікаў. Фізічныя ўласцівасці некаторых складаных эфіраў прыведзены ў табліцы 26.

Аналізуючы даныя табліцы 26, звярніце ўвагу на адрозненне фізічных уласцівасцей ізамерных эфіраў.

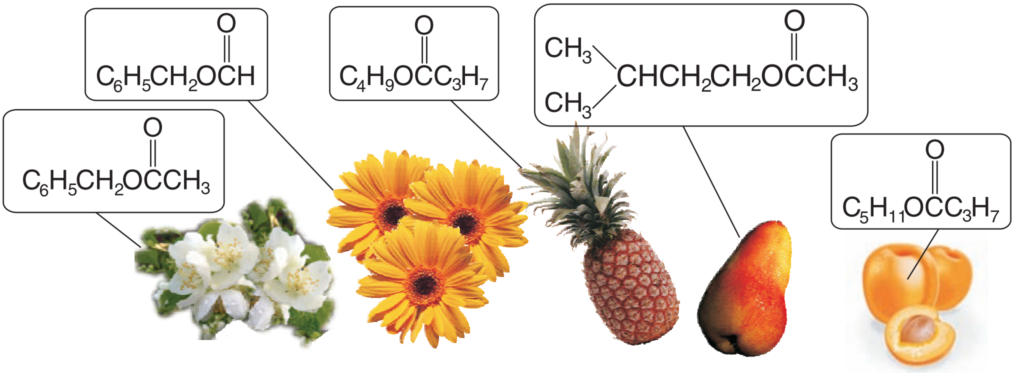
Табліца 26. **Фізічныя ўласцівасці некаторых складаных эфіраў**

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва эфіру	Растваральнасць у вадзе (у грамах рэчыва на 100 г вады)	Тэмпература, °C	
				кіпення	плаўлення
$C_2H_4O_2$	$H—COOCH_3$	Метылметанаат (метылфарміят)	30	31,5	−99,0
$C_3H_6O_2$	$H—COOC_2H_5$	Этылметанаат (этылфарміят)	12	54,3	−80,5
$C_3H_6O_2$	$CH_3—COOCH_3$	Метылэтанаат (метылацэтат)	31,9	57,5	−98,1
$C_4H_8O_2$	$H—COOC_3H_7$	Прапілметанаат (прапілфарміат)	2,8	81,3	−92,9
$C_4H_8O_2$	$CH_3—COOC_2H_5$	Этылэтанаат (этылацетат)	8,6	77,1	−83,6

Многія эфіры маюць прыемны пах, які часта нагадвае пах фруктаў або кветак. Напрыклад, пах ананаса мае бутылавы эфір бутанавай кіслаты, пах ігрушы — ізаамілавы эфір этанавай кіслаты, абрыкосамі пахне пентылавы эфір бутанавай кіслаты, пах язміну нагадвае бензілавы эфір этанавай кіслаты, а пах хрызантэм — бензілавы эфір метанавай кіслаты (мал. 63).

Складаныя эфіры — гэта функцыянальныя вытворныя карбонавых кіслот, у якіх гідраксільная група замешчана на астатак спірту.

Складаныя эфіры шырока распаўсюджаны ў прыродзе.



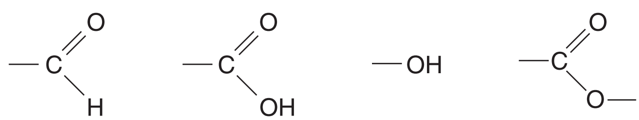
Мал. 63. Складаныя эфіры ў прыродзе

Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя рэчывы адносяцца да складаных эфіраў?
2. Пералічыце правілы называння складаных эфіраў.
3. З пераліку формул выберыце формулы складаных эфіраў і назавіце іх:

а) $HCOOH$ б) $CH_3COOC_2H_5$ в) $HCOOC_3H_7$
г) $C_7H_{15}OH$ д) $C_{17}H_{35}COOH$ е) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—COOCH_3$
ж) $C_6H_5—COOCH(CH_3)_2$

4. Складзіце структурныя формулы наступных рэчываў: этылавы эфір прапанавай кіслаты, прапілфарміат, ізапрапілэтанаат, метыл-3-метылпентанаат.
5. Складзіце формулы: а) структурных ізамераў складаных эфіраў саставу $C_3H_6O_2$; б) усіх магчымых структурных ізамераў саставу $C_5H_{10}O_2$.
6. Складзіце па адной структурнай формуле рэчываў, у састаў якіх уваходзяць наступныя функцыянальныя групы, і назавіце гэтыя рэчывы:



7. Складзіце формулы структурных ізамераў бутанолу-1 і этылэтанаату, параўнайце іх і скажыце, у чым іх адрозненні.
8. Масавая доля кіслароду ў саставе этылавага эфіру невядомай насычанай аднаасноўнай кіслаты роўна 31,37 %. Вызначце формулу эфіру.
9. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

а) $CaC_2 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3COOC_3H_7$;
б) $C_4H_{10} \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3COOCH_3$.

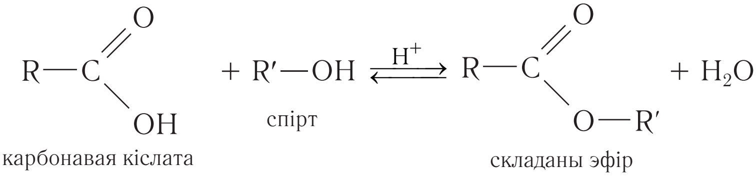
10. Вызначце масы кіслаты і спірту (у грамах), неабходныя для атрымання этылавага эфіру мурашынай кіслаты масай 621,6 г з выхадам прадукту рэакцыі 80 %.

§ 40. Атрыманне і хімічныя ўласцівасці складаных эфіраў. Прымяненне

Атрыманне

У розных органах раслін змяшчаецца вялікая колькасць разнастайных эфіраў. Многія эфіры сінтэзуюцца для патрэб асобных галін прамысловасці.

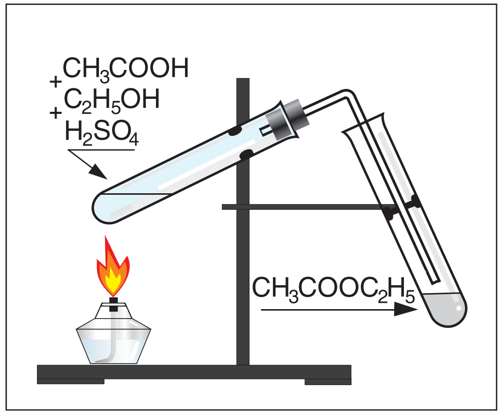
Складаныя эфіры атрымліваюць (мал. 64) у рэакцыі карбонавых кіслот і спіртоў у прысутнасці мінеральных кіслот як каталізатараў (складаны эфір збіраецца ў прабірцы-прыёмніку пры ахаладжэнні):



Рэакцыю ўтварэння складанага эфіру называюць рэакцыяй **этэрыфікацыі** (лац. acfher — эфір). Тэрмін «эфір» у адносінах да рэчываў, якія разглядаюцца, упершыню выкарыстаў К. Шээле ў канцы XVIII ст.

Рэакцыя этэрыфікацыі — працэс абарачальны.

Для таго каб зрушыць раўнавагу сістэмы ўправа і атрымаць асноўны прадукт, з рэакцыйнай сумесі выдзяляюць ваду або эфір; можна таксама выкарыстаць лішак аднаго з рэагентаў рэакцыі.



Мал. 64. Схема прыбора для атрымання складанага эфіру

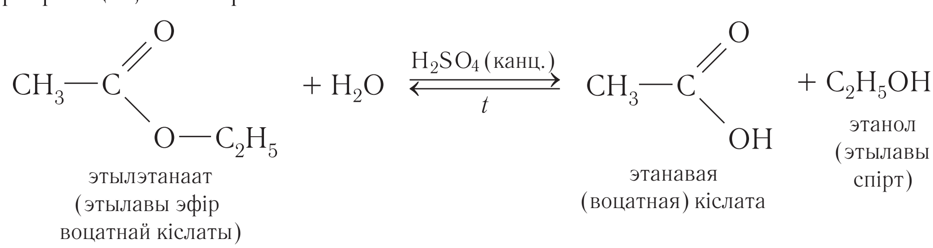
Складаныя эфіры ўтвараюцца таксама ў выніку рэакцыі кіслародзмяшчальных мінеральных кіслот і спіртоў.

Адна такая рэакцыя вам ужо вядома. Гэта рэакцыя атрымання трынітрагліцэрыны з гліцэрыны і азотнай кіслаты.

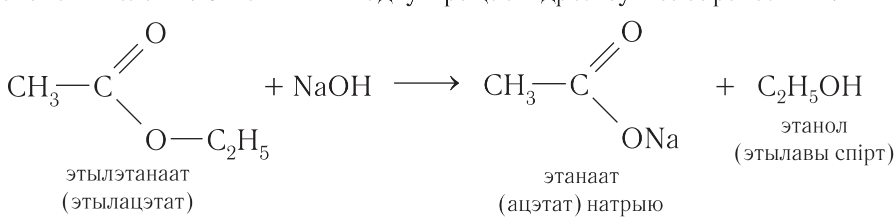
Хімічныя ўласцівасці

Важнейшая рэакцыя складаных эфіраў — іх раскладанне вадой у прысутнасці мінеральнай кіслаты або шчолачы. Такая рэакцыя называецца **гідролізам**.

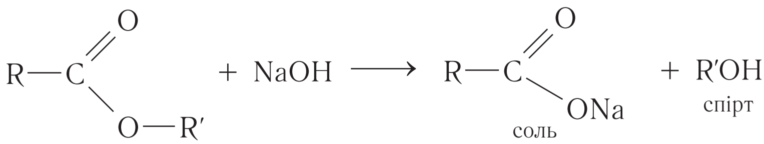
1) Пры награванні сумесі эфіру з разбаўленым растворам моцнай мінеральнай кіслаты адбываецца кіслотны гідроліз, які прыводзіць да ўтварэння карбонавай кіслаты і спірту. Дадзены працэс дакладна адпавядае адваротнаму напрамку рэакцыі этэрыфікацыі, ён абарачальны:



2) Шчолачны гідроліз складаных эфіраў прыводзіць да ўтварэння спірту і солі карбонавай кіслаты. У гэтым выпадку працэс гідролізу неабарачальны:

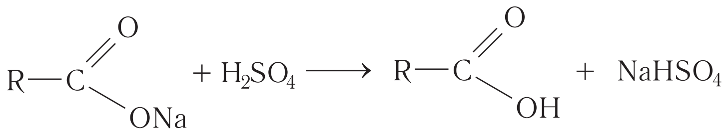


У агульным выглядзе ўраўненне рэакцыі шчолачнага гідролізу ў прысутнасці гідраксіду натрыю можна запісаць:



складаны эфір; соль карбонавай кіслаты; спірт

Спірт, які ўтварыўся, выдаляюць перагонкай, а соль карбонавай кіслаты дзеяннем моцнай мінеральнай кіслаты лёгка перавесці ў карбонавую кіслату:



соль карбонавай кіслаты; карбонавая кіслата

Прымяненне

У асноўным складаныя эфіры прымяняюць у якасці растваральнікаў арганічных рэчываў пры правядзенні хімічных рэакцый. Дзякуючы прыемнаму паху некаторыя складаныя эфіры з’яўляюцца асновай штучных эсенцый, якія выкарыстоўваюцца пры прыгатаванні фруктовых вод, кандытарскіх вырабаў, парфумерыі і г. д. Складаныя эфіры таксама знаходзяць прымяненне ў лакафарбавай прамысловасці, у вытворчасці штучнага валакна і некаторых палімерных матэрыялаў.

Складаныя эфіры ўтвараюцца ў рэакцыях паміж спіртамі і любымі кіслародзмяшчальнымі кіслотамі — як карбонавымі, так і мінеральнымі.

Складаныя эфіры гідралізуюцца растворамі мінеральных кіслот і шчолачаў.

Рэакцыя этэрыфікацыі — абарачальны працэс.

Складаныя эфіры прымяняюцца ў лакафарбавай, харчовай, парфумернай прамысловасці.

Пытанні і заданні

1. Назавіце магчымыя спосабы атрымання складаных эфіраў.
2. Ахарактарызуйце хімічныя ўласцівасці складаных эфіраў.
3. Састаўце ўраўненні рэакцый кіслотнага гідролізу эфіраў: прапілэтанаату і метылметанаату.
4. Састаўце ўраўненні рэакцый шчолачнага гідролізу наступных эфіраў: метылпрапанаату, ізапрапілбутанаату.

5. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

а) $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5$;

б) $CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO$.

6. У працэсе шчолачнага гідролізу растворам гідраксіду калію метылавага эфіру воцатнай кіслаты атрымалі соль масай 66,64 г. Вызначце масу эфіру, які падвергся гідролізу.

7. У рэакцыі этэрыфікацыі атрымалі складаны эфір. Для рэакцыі была ўзята прапанавая кіслата масай 59,2 г і этылавы спірт масай 32,2 г. Вызначце масу атрыманага эфіру.

8. Якія рэчывы і якой масы трэба ўзяць для атрымання метылацэтату масай 159,1 г, ведаючы, што практычны выхад рэакцыі роўны 84 %?

9. Для атрымання этылацэтату быў узяты раствор этанолу масай 40 г з масавай доляй спірту 95 % і раствор воцатнай кіслаты масай 309,75 г з масавай доляй кіслаты 16 %. Вызначце масу атрыманага эфіру, ведаючы, што выхад прадукту рэакцыі роўны 90 %.

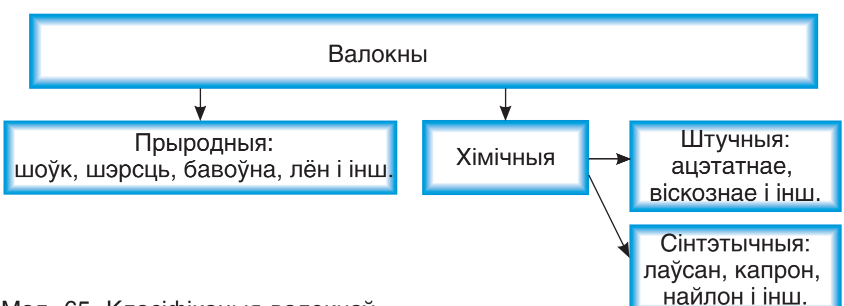
10. Метылавы эфір мурашынай кіслаты масай 333,6 г атрымалі згодна з наступнай схемай:

$$CH_4 \longrightarrow CH_3Cl \longrightarrow CH_3OH \longrightarrow H—COOCH_3.$$

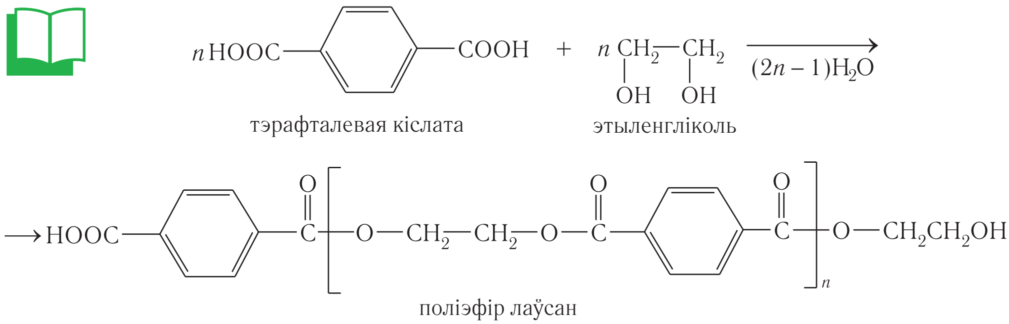
Метан якога аб'ёму (дм^3, пры н. у.) быў пры гэтым зрасходаваны?

§ 41. Паняцце аб поліэфірных валокнах

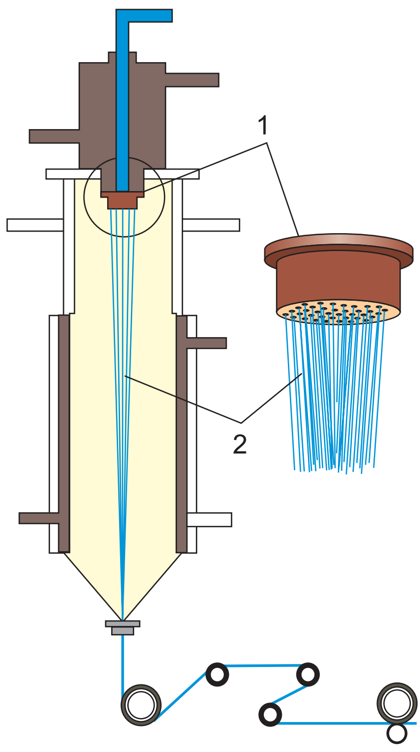
Для вырабу розных відаў тканін выкарыстоўваюцца прыродныя, штучныя і сінтэтычныя валокны (мал. 65). Прыродныя валокны атрымліваюць на аснове прыродных матэрыялаў — лёну, бавоўны, шэрсці, а штучныя — на аснове прыроднага палімеру цэлюлозы пасля яе спецыяльнай хімічнай апрацоўкі. Для вытворчасці ж сінтэтычных валокнаў выкарыстоўваюць высокамалекулярныя злучэнні, атрыманыя сінтэтычным шляхам. У вытворчасці сінтэтычных поліэфірных валокнаў шырока выкарыстоўваюцца поліэфіры. Адзін з найбольш прамыслова важных поліэфіраў — **лаўсан** — атрымліваюць полікандэнсацыяй тэрафталевай кіслаты і этыленгліколю.



Мал. 65. Класіфікацыя валокнаў



Палімер атрымліваюць у выглядзе смалы. Макрамалекулы ў ім размешчаны хаатычна, у валакне ж яны павінны быць арыентыраваны ўздоўж яго восі, каб валакно набыло неабходную трываласць. З гэтай мэтай на вытворчасці выкарыстоўваюць спецыяльную тэхналогію, пры якой з расплаву палімера фармуюць поліэфірнае валакно лаўсан (мал. 66).



Мал. 66. Схема фармавання валакна лаўсан: *1* — філ'ера; *2* — пучок валакна

Валакно лаўсан валодае такімі важнымі дадатнымі характарыстыкамі, як зносастойкасць, святло- і тэрмаўстойлівасць, трываласць, устойлівасць да раствораў кіслот і шчолачаў. Таму год ад году расце вытворчасць лаўсану, які ў некаторых краінах вядомы пад назвай «тэрылен», або «дакрон». У Рэспубліцы Беларусь у Магілёве працуе магутны прамысловы камбінат па вытворчасці лаўсану.

На аснове валакна лаўсан вырабляюць разнастайныя тканіны для пашыву адзення, трыкатажных вырабаў, цюля, тэхнічных тканін. Шырока вядомы вырабы з тэхнічнай тканіны на аснове лаўсану — гэта пажарныя рукавы, транспартныя стужкі, канаты, парусы і г. д.

Валакно лаўсан валодае і некаторымі недахопамі. Яно не гіграскапічнае і здольна назапашваць статычную электрычнасць. Таму пры вытворчасці тканін, якія выкарыстоўваюцца для пашыву адзення, валакно лаўсан прымяняюць у сумесі з прыроднымі валокнамі, напрыклад з шэрсцю, шоўкам або лёнам. У гэтым выпадку адзенне набывае трываласць і зносастойкасць за кошт лаўсану і гігіенічнасць за кошт валакна прыроднага паходжання.

Існуюць валокны прыродныя, штучныя і сінтэтычныя.

Валакно лаўсан адносіцца да сінтэтычных поліэфірных валокнаў.

Вырабы з валакна лаўсан шырока выкарыстоўваюцца ў розных галінах вытворчасці і жыццядзейнасці чалавека.

Пытанні і заданні

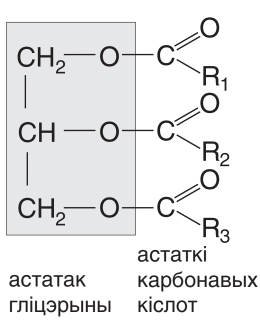
1. З якіх рэчываў сінтэзуюць поліэфір лаўсан?
2. На падставе якіх прымет валакно лаўсан адносяць да поліэфірных сінтэтычных валокнаў?
3. Да якога тыпу рэакцый адносіцца рэакцыя атрымання поліэфіру лаўсан? Прывядзіце прыклад аналагічнай рэакцыі.
4. Растлумачце, у чым заключаецца адрозненне рэакцый полімерызацыі і полікандэнсацыі.
5. Параўнайце структурнае звяно поліэтылену і поліэфіру лаўсану і назавіце асноўныя адрозненні ў іх будове.
6. Пералічыце вядомыя вам сінтэтычныя палімеры і скажыце, у выніку якіх рэакцый яны сінтэзаваны.
7. Вызначце, якую масу тэрафталевай кіслаты неабходна ўзяць для атрымання поліэфіру лаўсану, з якога вырабілі валакно масай 100 кг. Пры разліку ўлічыце, што пры фарміраванні з поліэфіру валакна ідзе змяненне яго масы за кошт увільгатнення, замаслівання і дабавак на 2 %, а тэхналагічныя страты складаюць 5 %.

§ 42. Тлушчы

Будова

Тлушчы — прыродныя прадукты, якія ўтвараюцца ў жывёльных і раслінных арганізмах.

Асноўным кампанентам тлушчаў з'яўляюцца трыгліцэрыды — поўныя складаныя эфіры, утвораныя гліцэрынай і вышэйшымі карбонавымі кіслотамі.



Мал. 67. Схема, якая адлюстроўвае агульную будову трыгліцэрыдаў

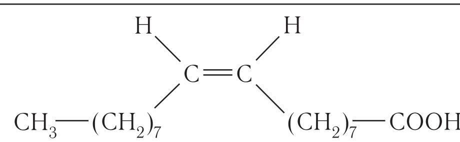
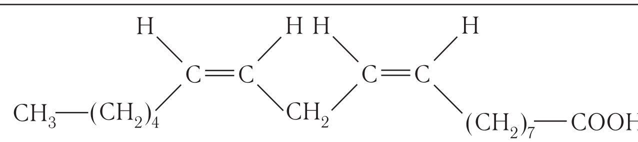
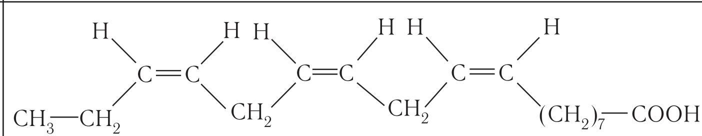
У прыродных тлушчах — і раслінных, і жывёльных — прысутнічае невялікая колькасць іншых рэчываў: фасфатыды, свабодныя карбонавыя кіслоты, вітаміны, фарбавальнікі.

Уласцівасці тлушчаў шмат у чым залежаць ад будовы карбонавых кіслот, астаткі якіх уваходзяць у састаў трыгліцэрыдаў. Схема будовы трыгліцэрыдаў прыведзена на малюнку 67.

Ва ўтварэнні малекул трыгліцэрыдаў могуць удзельнічаць як аднолькавыя, так і розныя карбонавыя кіслоты, у асноўным з неразгалінаваным вугляродным лан-

цугом, якія змяшчаюць, як правіла, цотны лік атамаў вугляроду. Найбольш распаўсюджаныя прыродныя кіслоты змяшчаюць ад 4 да 26 атамаў вугляроду. У трыгліцэрыды ў асноўным уваходзяць астаткі вышэйшых карбонавых кіслот (табл. 27), якія называюцца *тлустымі*, таму што ўпершыню былі атрыманы менавіта з тлушчаў.

Табліца 27. **Прадстаўнікі вышэйшых тлустых карбонавых кіслот**

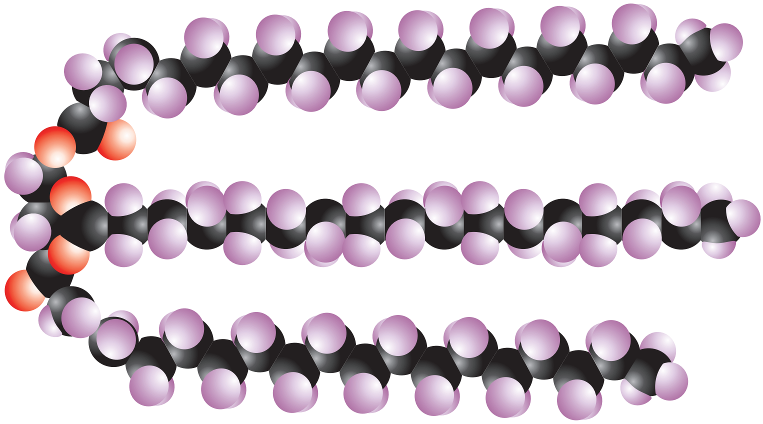
Назва	Малекулярная формула	Структурная формула
Пальміцінавая кіслата	$C_{15}H_{31}COOH$	$CH_3—(CH_2)_{14}—COOH$
Стэарынавая кіслата	$C_{17}H_{35}COOH$	$CH_3—(CH_2)_{16}—COOH$
Алеінавая кіслата	$C_{17}H_{33}COOH$	
Лінолевая кіслата	$C_{17}H_{31}COOH$	
Ліналенавая кіслата	$C_{17}H_{29}COOH$	

Будова тлушчаў была ўстаноўлена ў пачатку XIX ст., калі ў працэсе іх гідролізу атрымалі гліцэрыну і карбонавыя кіслоты. У далейшым у сярэдзіне таго ж стагоддзя французскі вучоны М. Бертла сінтэзаваў тлустападобнае рэчыва з гліцэрыны і карбонавых кіслот.

У тлушчах найбольш часта сустракаюцца астаткі такіх вышэйшых насычаных кіслот, як пальміцінавая, стэарынавая, і вышэйшых у рознай ступені ненасычаных кіслот — алеінавай, лінолевай, ліналенавай. Французскі хімік М. Шаўрэль адным з першых даследаваў будову раслінных і жывёльных тлушчаў.

У састаў некаторых тлушчаў уваходзяць трыгліцэрыды, якія змяшчаюць астаткі ніжэйшых кіслот, напрыклад у сметанковым масле змяшчаецца ў невялікай колькасці трыгліцэрыд маслянай кіслаты.

Мадэль малекулы трыстэарыну паказана на малюнку 68.



Мал. 68. Маштабная мадэль малекулы трыстэарыну

Фізічныя ўласцівасці

Прыродныя тлушчы бываюць *цвёрдыя* і *вадкія*, якія часта называюцца *алеямі*. Агрэгатны стан тлушчаў залежыць ад іх саставу. Калі ў трыгліцэрыдах пераважаюць астаткі насычаных кіслот, то тлушчы цвёрдыя, а калі пераважаюць астаткі ненасычаных кіслот, то тлушчы вадкія. Жывёльныя тлушчы, як правіла, цвёрдыя, а раслінныя — вадкія. У табліцы 28 прыведзена змяшчальнасць карбонавых кіслот (у выглядзе астаткаў) у некаторых тлушчах.

Табліца 28. **Змяшчальнасць карбонавых кіслот (у выглядзе астаткаў) у саставе тлушчаў (% па масе)**

Назва	Насычаныя кіслоты		Ненасычаныя кіслоты	
	пальміцінавая	стэарынавая	алеінавая	лінолевая
Сланечнікавы алей	6	3	32	54
Аліўкавы алей	6	4	83	7
Сметанковае масла	25	9	29	4
Ялавічны тлушч	24—29	21—24	41—42	2—5
Барановы тлушч	23—30	20—31	35—41	3—4
Свіны тлушч	27—30	13—18	37—44	8—9
Птушыны тлушч	20—26	4—9	33—46	10—22
Трасковы тлушч	8—19	—	17—31	0,3—2
Селядцовы тлушч	10—29	0,7—4	7—26	0,5—3
Ласасёвы тлушч	10—17	2—6	18—29	1—2

Шчыльнасць тлушчаў меншая, чым вады, і ў ёй яны не раствараюцца. Але добра раствараюцца ў арганічных растваральніках: бензіне, бензоле, дыхлорэтане, часткова ў этаноле. Уласцівасць тлушчаў раставарацца ў арганічных растваральніках выкарыстоўваецца для ачысткі адзення ад тлустых плям.

Тэмпература плаўлення тлушчаў залежыць ад змяшчальнасці ў іх астаткаў насычаных кіслот і даўжыні вугляроднага ланцуга. З памяншэннем змяшчальнасці астаткаў насычаных кіслот тэмпература плаўлення тлушчаў паніжаецца, яны становяцца легкаплаўкімі.

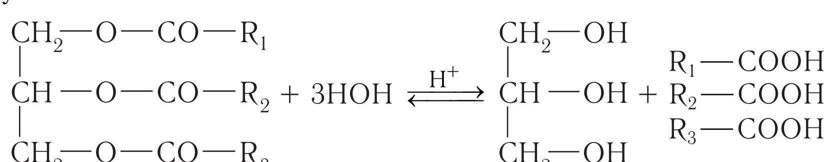
Цвёрдыя тлушчы змяшчаюцца ў тлушчавых тканках наземных млекакормячых і птушак, а вадкія — у тканках марскіх млекакормячых і рыб, у касцях і капытах жывёл, а таксама ў насенні і пладах раслін.

У састаў трыгліцэрыдаў сметанковага масла ўваходзяць астаткі каля 20 тлустых кіслот, а ў састаў трыгліцэрыдаў практычна ўсіх астатніх тлушчаў — не больш за восем кіслот.

<u>*Хімічныя ўласцівасці*</u>

1) Гідроліз кіслотны

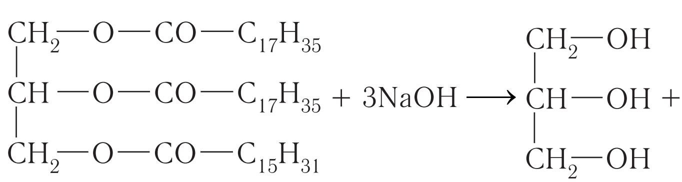
Для трыгліцэрыдаў, з якіх складаюцца тлушчы, гідроліз з'яўляецца найбольш характэрнай рэакцыяй. У выніку кіслотнага гідролізу ўтвараюцца гліцэрына і сумесь тлустых кіслот:



трыгліцерыд гліцэрына карбонавыя кіслоты

2) Гідроліз шчолачны

Пры шчолачным гідролізе ўтвараюцца солі насычаных тлустых кіслот — *мылы*. Напрыклад, $C_{17}H_{35}COONa$ — стэарат натрыю, $C_{15}H_{31}COONa$ — пальмітат натрыю:



трыгліцерыд гліцэрына

$$+\ 2C_{17}H_{35}COONa + C_{15}H_{31}COONa$$

солі тлустых кіслот (мылы)

3) Акісленне

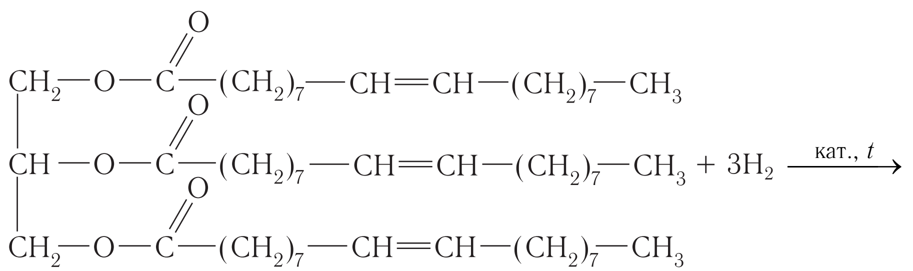
Трыгліцэрыды, якія змяшчаюць астаткі ненасычаных кіслот, пад дзеяннем кіслароду паветра акісляюцца і полімерызуюцца. Гэта ўласцівасць выкарыстоўваецца для вырабу аліфы, лакаў. Натуральную аліфу вырабляюць на аснове льнянога або канаплянага алею з наступным увядзеннем асобых дабавак.

Тлушчы пры працяглым захоўванні пад дзеяннем вільгаці, кіслароду паветра, святла, цяпла набываюць непрыемны пах і смак. Гэты працэс называецца *прагарканнем*. Непрыемныя пах і смак абумоўлены з'яўленнем у тлушчах прадуктаў іх акіслення: свабодных тлустых кіслот, альдэгідаў, кетонаў, гідраксікіслот.

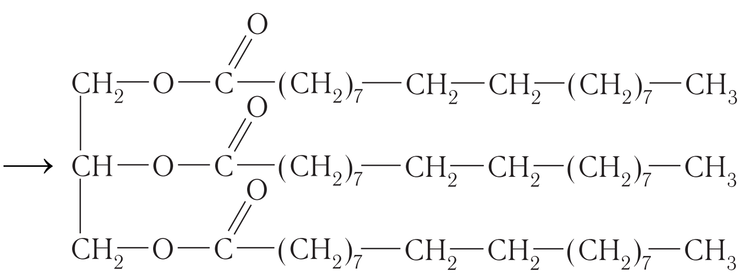
4) Гідрыраванне вадкіх тлушчаў

Для вадкіх тлушчаў, трыгліцырыды якіх змяшчаюць значную колькасць астаткаў ненасычаных карбонавых кіслот, характэрныя ўсе рэакцыі ненасычаных злучэнняў. Яны абясколерваюць раствор перманганату калію (у чым вы пераканаецеся, выканаўшы лабараторны дослед), бромную ваду, уступаюць і ў іншыя рэакцыі далучэння, напрыклад у рэакцыю гідрыравання.

У прамысловасці вадкія тлушчы, у састаў якіх уваходзяць астаткі ненасычаных кіслот, ператвараюць у цвёрдыя тлушчы па рэакцыі:



трыалеін гліцэрыны



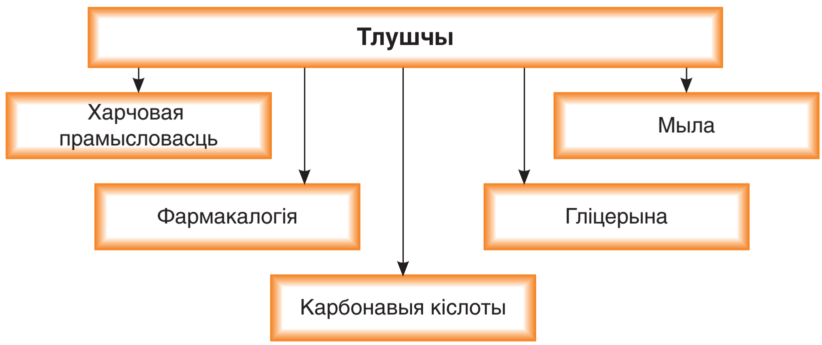
трыстэарат гліцэрыны

Упершыню метад атрымання цвёрдых тлушчаў з вадкіх (маслаў) у працэсе гідрыравання быў распрацаваны рускім хімікам С. А. Ф о к і н ы м.

Гідрыраванне вадкіх тлушчаў мае вялікае прамысловае значэнне, таму што цвёрды тлушч, які атрымліваецца пры гэтым, захоўваецца значна больш і можа быць выкарыстаны для атрымання мыла, гліцэрыны, стэарыну.

Прымяненне

Тлушчы выкарыстоўваюцца ў харчовай і фармацэўтычнай прамысловасці, а таксама знаходзяць шырокае прымяненне ў вытворчасці гліцэрыны, мыла (мал. 69).



Мал. 69. Прымяненне тлушчаў

Тлушчы як спажыўныя рэчывы з'яўляюцца важнай састаўной часткай ежы чалавека і жывёл. У арганізме яны ў працэсе гідролізу расшчапляюцца на гліцэрыну і карбонавыя кіслоты. Затым гэтыя прадукты гідролізу выкарыстоўваюцца для сінтэзу спецыфічных для дадзенага арганізма тлушчаў. Акрамя таго, тлушчы — пастаўшчыкі неабходных для арганізма ненасычаных кіслот, некаторыя з якіх у арганізме чалавека не сінтэзуюцца.

Тлушчы ўяўляюць сабой адну з асноўных крыніц энергіі для жывёльных арганізмаў. У працэсе расшчаплення тлушчаў вызваляецца ў два разы больш энергіі, чым пры расшчапленні вугляводаў. Гэта важная інфармацыя пры састаўленні рацыёну харчавання. Звесткі аб змяшчальнасці тлушчаў у некаторых харчовых прадуктах прыведзены ў табліцы 29.

Табліца 29. **Змяшчальнасць тлушчаў (у грамах) у некаторых харчовых прадуктах (у сярэднім на 100 г харчовага прадукта)**

Прадукты харчавання	Маса тлушчу
Бульба	0
Белы хлеб	1,7
Малако	3,8
Кураняты	17,7
Яйцы	10,9
Сыр	55
Сметанковае масла	82
Сланечнікавы алей	99,9

Вы ведаеце, што маслами называюцца тлушчы, якія пры пакаёвай тэмпературы знаходзяцца ў вадкім стане. Гэтыя алеі ўяўляюць сабой складаныя эфіры тлустых кіслот. Паняцце «алей» выкарыстоўваецца таксама ў адносінах да некаторых рэчываў, якія не з'яўляюцца прадуктамі харчавання.

Існуюць *мінеральныя маслы*. Іх атрымліваюць з каменнага вугалю, нафты, яны складаюцца з вуглевадародаў. Прыкладам такога масла з'яўляецца знаёмае вам *вазелінавае масла*. Вядомы таксама такія маслы, як *эфірныя*. Гэта лятучыя рэчывы з характэрным пахам, якія здабываюцца з раслін. Па хімічнаму саставу яны з'яўляюцца сумесямі вуглевадародаў, спіртоў, складаных эфіраў або іх простых вытворных. Да такіх маслаў адносяцца карычнае, гваздзіковае, ментолавае, міндальнае маслы і г. д. Гэтыя маслы прымяняюцца ў вытворчасці касметычных сродкаў, фармакалогіі, для атрымання *аліфы*.

Тлушчы ўяўляюць сабой сумесь трыгліцэрыдаў — поўных складаных эфіраў, утвораных гліцэрынай і вышэйшымі карбонавымі кіслотамі, якія называюцца тлустымі кіслотамі.

Фізічныя, хімічныя і біялагічныя ўласцівасці тлушчаў залежаць ад саставу трыгліцэрыдаў.

Важнай уласцівасцю тлушчаў з'яўляецца гідроліз: у выніку шчолачнага гідролізу атрымліваюць гліцэрыну і натрыевыя (каліевыя) солі тлустых карбонавых кіслот.

Тлушчы з'яўляюцца каштоўным харчовым энергетычным прадуктам, які забяспечвае нармальнае функцыянаванне арганізма чалавека.

Пытанні і заданні

1. Дайце азначэнне паняццю «тлушч» з пункта гледжання арганічнай хіміі.
2. Ахарактарызуйце будову трыгліцэрыдаў.
3. Што з'яўляецца прычынай адрознення фізічных уласцівасцей тлушчаў цвёрдых і вадкіх (маслаў)?
4. Складзіце структурныя формулы трыгліцэрыдаў, утвораных: а) пальміцінавай і ліналевай кіслотамі ў мольных адносінах 1 : 2; б) стэарынавай, алеінавай і ліналенавай кіслотамі ў мольных адносінах 1 : 1 : 1.
5. Састаў трыгліцэрыдаў: а) $C_{57}H_{108}O_6$; б) $C_{55}H_{104}O_6$. Выкажыце меркаванне аб іх будове.
6. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

   а) трыстэарат гліцэрыны ⟶ стэарат натрыю ⟶ стэарынавая кіслата;

   б) трыалеін гліцэрыны ⟶ алеінавая кіслата ⟶ дыбромстэарынавая кіслата.
7. У састаў трыгліцырыду ўваходзяць астаткі стэарынавай і алеінавай кіслот у мольных адносінах 1 : 2. Састаўце ўраўненне рэакцыі гідрыравання трыгліцырыду.
8. Састаўце ўраўненні рэакцый гідролізу трыгліцырыду, у састаў якога ўваходзяць астаткі пальміцінавай, стэарынавай і ліналенавай кіслот.
9. З якой мэтай праводзяць гідрыраванне вадкіх тлушчаў у прамысловых маштабах?
10. Прывядзіце прыклады розных галін выкарыстання тлушчаў.
11. Якая хімічная колькасць трыгліцырыду, што змяшчае ў сваім саставе два астаткі алеінавай кіслаты, была падвергнута гідрыраванню, калі зрасходаваны вадарод аб'ёмам (н. у.) 927,36 $дм^3$?

12. Ці можна лічыць эфектыўнай вытворчасць мыла (натрыевага), калі вядома, што для атрымання стэарату натрыю хімічнай колькасцю 15 моль зрасходаваны трыстэарат гліцэрыны масай 8010 г?

Лабараторны дослед 6

Даследаванне ўласцівасцей тлушчаў (растваральнасць, доказ ненасычанага характару астаткаў карбонавых кіслот)

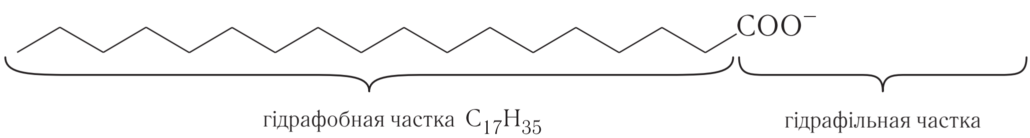
1. Наліце ў прабірку ваду аб'ёмам прыкладна 2 $см^3$ і прыбаўце некалькі кропель расліннага алею. Сумесь страсяніце. Што назіраеце? Зрабіце вывад аб адносінах тлушчаў да вады (шчыльнасць, растваральнасць).

2. У адну прабірку наліце раслінны алей аб'ёмам 1 $см^3$, а ў другую змясціце цвёрды тлушч (напрыклад, сметанковае масла) масай прыкладна 1 г. Затым у кожную прабірку прыліце арганічны растваральнік аб'ёмам прыкладна 2 $см^3$. Прабіркі страсяніце і назірайце, якія змяненні адбываюцца. Зрабіце вывад аб адносінах тлушчаў да арганічных растваральнікаў.

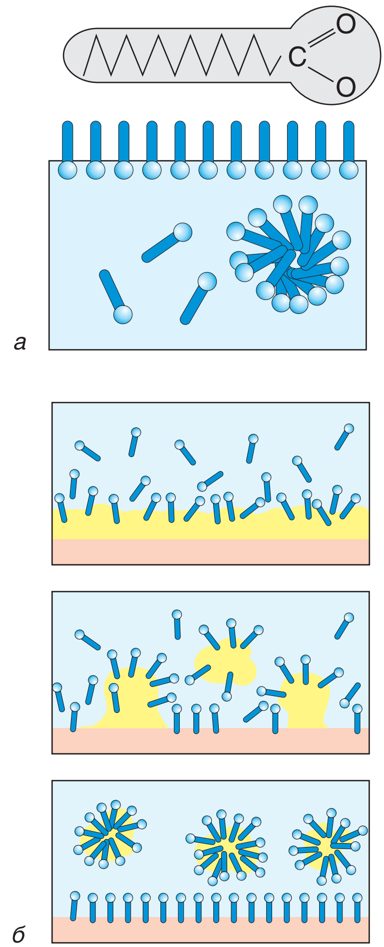
3. У прабірку з раслінным алеем (1 $см^3$) прыліце раствор перманганату калію і моцна яе страсяніце. Зрабіце вывад аб будове трыгліцэрыдаў вадкіх тлушчаў.

§ 43. Мылы і сінтэтычныя мыйныя сродкі

Мылы — натрыевыя і каліевыя солі вышэйшых тлустых кіслот — пальміцінавай $C_{15}H_{31}COOH$, стэарынавай $C_{17}H_{35}COOH$, алеінавай $C_{17}H_{33}COOH$, якія раствараюцца ў вадзе, адносяцца да рэчываў, што валодаюць мыйнымі ўласцівасцямі. Мыйныя ўласцівасці разглядаюцца як здольнасць рэчываў і іх раствораў выдзяляць з паверхні тканін, вырабаў часцінкі бруду і тлушчу, якія прыліплі, і пераводзіць іх ва ўзвіслы стан у выглядзе эмульсій і суспензій. Мыйныя ўласцівасці рэчываў абумоўлены будовай іх малекул. Натрыевыя і каліевыя солі вышэйшых карбонавых кіслот уяўляюць сабой малекулы, у саставе якіх прысутнічаюць фрагменты з процілеглымі ўласцівасцямі ў адносінах да вады: доўгі алкільны *гідрафобны* фрагмент (які не раствараецца ў вадзе, а раствараецца ў тлушчах і іншых малапалярных рэчывах) і група, што іанізуецца і надае малекуле *гідрафільныя* ўласцівасці[1]:



[1] Тэрміны «гідрафобнасць» і «гідрафільнасць» паходзяць ад грэчаскіх слоў «hydōr» — вада і «phobos» — баязлівасць, «phileo» — люблю.



Мал. 70. Мыйнае дзеянне ПАР:
а — арыентацыя малекул мыла на мяжы вада — паветра;
б — растварэнне тлушчу

Такія малекулы характэрны для *паверхнева-актыўных рэчываў* (ПАР), г. зн. рэчываў, якія паніжаюць паверхневае нацяжэнне на мяжы падзелу дзвюх вадкасцей, або вадкасці і газу.

Пры растварэнні ў вадзе солей мыла гідрафобная частка малекулы, якая валодае паверхневай актыўнасцю ў адносінах непалярнай фазы (у дадзеным выпадку паветра), выштурхваецца з палярнага асяроддзя (з вады). У гэтым выпадку ў растворы мыла на мяжы з паветрам утвараецца адсарбцыйны слой з гідрафобнымі фрагментамі малекул, арыентаванымі ў бок паветра (мал. 70, *а*). Лік малекул ПАР у паверхневым слоі вады намнога вышэйшы, чым у растворы, з прычыны гэтага ПАР зніжаюць паверхневае нацяжэнне вады на мяжы з паветрам. А гэта прыводзіць да павелічэння змочвальнай здольнасці вады і больш моцнага ўздзеяння мыйнага сродку. Так, мылы ў 2 разы паніжаюць паверхневае нацяжэнне вады, дзякуючы гэтаму мыльная вада пранікае ў самыя маленькія поры забруджанай паверхні тканіны.

Разгледзім коратка, як праяўляецца ачышчальны эфект мыла ў растворы вады і адбываецца выдаленне тлушчу, напрыклад з паверхні тканіны. Непалярныя (гідрафобныя) канцы малекул стэаратаў калію і натрыю раствараюцца ў кроплях тлушчу, а палярныя карбаксілат-аніёны застаюцца ў водным растворы (мал. 70, *б*). У выніку адштурхвання аднайменных зарадаў на паверхні кроплі масла яна разбіваецца на вельмі дробныя часцінкі. Такія часцінкі, акружаныя вялікім лікам стэарат-іонаў набываюць уласцівасці поліаніёнаў і — як вынік — здольнасць раствараცца ў вадзе з утварэннем устойлівай эмульсіі тлушчу ў вадзе. Мылы з’яўляюцца добрымі пенаўтваральнікамі. Пене належыць важная роля ў працэсе мыцця, паколькі часцінкі бруду прыліпаюць да яе пузыркоў і лёгка выдаляюцца з раствору. Вось чаму пры падрыхтоўцы бялізны да мыцця пажадана спачатку ў працэсе растварэння мыла атрымаць багатую пену, а потым пачынаць мыццё.

Трэба адзначыць, што мыйная здольнасць мыла ў цвёрдай вадзе значна памяншаецца. У такой вадзе, як вам вядома, змяшчаюцца солі кальцыю і магнію, а пры

іх узаемадзеянні са стэаратамі калію, натрыю і г. д. утвараюцца нераставаральныя ў вадзе кальцыевыя і магніевыя солі вышэйшых карбонавых кіслот. Пры мыцці ў цвёрдай вадзе растворам мыла замест пены ўтвараюцца камякі асадку:

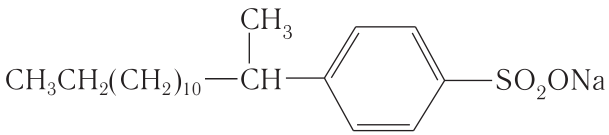
$$2C_{17}H_{35}COONa + CaCl_2 \longrightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca\downarrow + 2NaCl$$

Да мылаў адносяцца не толькі натрыевыя і каліевыя солі вышэйшых тлустых кіслот, якія валодаюць мыйным дзеяннем, але і солі вышэйшых тлустых карбонавых кіслот некаторых іншых металаў (Ca, Al, Co, Zn, Mn), якія не валодаюць мыйным дзеяннем. Кобальтавыя, свінцовыя, марганцавыя мылы, якія раствараюцца ў маслах, выкарыстоўваюцца ў якасці важнай складальнай масляных фарбаў. Для вырабу брызенту выкарыстоўваюць алюмініевае мыла, якім апрацоўваюць шчыльную тканіну. Такую змазку, як салідол, што выкарыстоўваецца ў тэхніцы, атрымліваюць з нафтавых маслаў, дабаўляючы ў іх кальцыевае мыла.

Мыйнымі ўласцівасцямі валодаюць сінтэтычныя мылы, алкан- і алкіларэнсульфанаты. Іх называюць *дэтэргентамі* або *сінтэтычнымі мыйнымі сродкамі* (СМС). Прыкладамі такіх сродкаў з'яўляюцца, напрыклад, додэкасульфанат натрыю:

$$CH_3(CH_2)_{10}CH_2SO_2\overset{-}{O}\overset{+}{Na}$$

і 4-(2-тэтрадэцыл)бензолсульфанат натрыю:



Сінтэтычныя мыйныя сродкі гэтак жа, як і мылы, валодаюць паверхнева-актыўнымі ўласцівасцямі, паколькі ў саставе іх малекул змяшчаюцца гідрафобныя і гідрафільныя групы:

$$\underbrace{CH_3—(CH_2)_{10}—CH_2—}_{\text{гідрафобная група}} \qquad \underbrace{—SO_2ONa}_{\text{гідрафільная група}}$$

З прычыны гэтага прынцып дзеяння сінтэтычных мыйных сродкаў (СМС) аналагічны эфекту ачышчэння, які праяўляецца мыламі. Але тым не менш СМС маюць перад мыламі шэраг пераваг. Працэс пенаўтварэння і мыйнае дзеянне СМС значна вышэйшыя, чым у мыла, у чым вы можаце пераканацца пры выкананні адпаведнага лабараторнага доследу. Сінтэтычныя мыйныя сродкі ў адрозненне ад мыла захоўваюць свае мыйныя здольнасці нават у цвёрдай вадзе, паколькі іх кальцыевыя і магніевыя солі, якія ў ёй утвараюцца, з'яўляюцца растваральнымі рэчывамі. У адрозненне ад раствораў мыла, солі якіх часткова падвяргаюцца гідролізу, у сувязі з чым іх растворы маюць шчолачнае асяроддзе, солі СМС гідролізу

не падвяргаюцца, і іх растворы маюць нейтральную рэакцыю асяроддзя. З прычыны гэтага СМС можна выкарыстоўваць для мыцця вырабаў з любой тканіны.

Звычайныя пральныя парашкі змяшчаюць прыкладна да 70 % сінтэтычных мыйных сродкаў і прыкладна 30 % неарганічных фасфатаў. Пры мыцці фасфаты выдаляюць растваральныя солі кальцыю.

Утылізацыя прамысловых і бытавых вод пасля выкарыстання некаторых СМС у прыродныя вадаёмы выклікае іх забруджванне. Такое зубруджванне можа быць выклікана рознымі прычынамі. Так, напрыклад, пры сінтэзе некаторых СМС выкарыстоўваюцца вышэйшыя спірты з разгалінаванымі вуглевадароднымі групамі, якія не раскладаюцца бактэрыямі ў адрозненне ад неразгалінаваных вуглевадародных груп, якія ўваходзяць у састаў мыла. Вуглевадародныя астаткі, атрыманыя з кіслот, якія ўваходзяць у састаў тлушчаў, бактэрыямі раскладаюцца.

Другой прычынай з'яўляюцца неарганічныя фасфаты, якія пры выкарыстанні парашку выдаляюць растваральныя солі кальцыю, а пры пападанні ў вадаём з'яўляюцца спажыўным асяроддзем для некаторых відаў водарасцей, «узмоцненае» жыўленне якіх прыводзіць да іх хуткага разрастання і забалочвання возера.

Да мыйных сродкаў адносяцца мылы і сінтэтычныя мыйныя сродкі (СМС).

Мыйныя сродкі з'яўляюцца паверхнева-актыўнымі рэчывамі, паколькі яны памяншаюць паверхневае нацяжэнне вады.

Паверхнева-актыўныя рэчывы змяшчаюць у саставе малекул дзве процілеглыя па ўласцівасцях групы: палярную (гідрафільную) і непалярную (гідрафобную).

Сінтэтычныя мыйныя сродкі ў адрозненне ад мыла захоўваюць мыйныя ўласцівасці ў цвёрдай вадзе.

Пытанні і заданні

1. Што агульнае ў будове мыла і СМС і чым яны адрозніваюцца?
2. Чаму мылы і СМС адносяць да паверхнева-актыўных рэчываў?
3. Якімі перавагамі валодаюць СМС у адносінах да мылаў?
4. Чаму мыйныя ўласцівасці мыла ў цвёрдай вадзе слабеюць, а мыйныя ўласцівасці СМС не мяняюцца?
5. Чаму пры выкарыстанні мыла ў кіслым асяроддзі страчваюцца яго мыйныя ўласцівасці?
6. Якія мыйныя сродкі, што утылізуюцца ў прыродных вадаёмах, падвяргаюцца біялагічнаму распаду, а якія не падвяргаюцца і чаму?
7. Назавіце галіны прымянення паверхнева-актыўных рэчываў.

Лабараторны дослед 7

Параўнанне ўласцівасцей мыла і сінтэтычных мыйных сродкаў

1. Наліце ў тры прабіркі па 3—4 $см^3$ наступных раствораў: гаспадарчага мыла; сінтэтычнага мыйнага сродку, прызначанага для мыцця баваўняных тканін; сінтэтычнага мыйнага сродку, прызначанага для мыцця шаўковых і шарсцяных тканін.

2. Дабаўце ў кожную прабірку па некалькі кропель фенолфталеіну і адзначце рэакцыю асяроддзя.

3. Наліце ў тры іншыя прабіркі цвёрдай вады (вады, якая змяшчае іоны кальцыю і магнію) аб'ёмам па 3—4 $см^3$. Затым у прабіркі паслядоўна дабаўце па кроплях растворы мыла і мыйных сродкаў. Прабіркі добра страсяніце да ўтварэння ўстойлівай пены. Адзначце, што назіраеце.

4. Растлумачце, чаму раствор мыла мае шчолачную рэакцыю. Зрабіце вывад аб перавазе выкарыстання розных мыйных сродкаў у цвёрдай вадзе.

РАЗДЗЕЛ 8
ВУГЛЯВОДЫ

Назва **вугляводы** ўзнікла ў сувязі з тым, што ў малекулах першых вывучаных прадстаўнікоў дадзенага класа злучэнняў суадносіны атамаў вадароду і кіслароду былі такія ж, як у вадзе, 2 : 1 і адпавядалі формулам $C_nH_{2n}O_n$, або $C_n(H_2O)_n$, г. зн. **вугля**род + **вад**а.

Арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць у саставе малекул разам з карбанільнай некалькі гідраксільных груп, іх вытворныя і прадукты кандэнсацыі называюцца вугляводамі.

Вугляводы падзяляюцца на **монацукрыды, дыцукрыды** і **поліцукрыды** ў залежнасці ад ліку малекул монацукрыдаў, якія ўтвараюцца пры іх кіслотным гідролізе вадой. Монацукрыды не падвяргаюцца гідролізу, дыцукрыды складаюцца з двух астаткаў малекул монацукрыдаў, а поліцукрыды — з вялікай колькасці астаткаў монацукрыдаў.

Поліцукрыды адносяцца да высокамалекулярных біяарганічных злучэнняў.

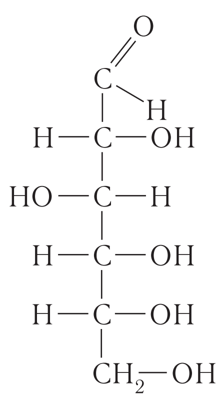
§ 44. Монацукрыды. Глюкоза і фруктоза

Монацукрыды класіфікуюцца па ліку атамаў вугляроду ў малекуле на **тэтрозы, пентозы, гексозы** і г. д. Да пентоз належаць **рыбоза** $C_5H_{10}O_5$ і **дэзоксірыбоза** $C_5H_{10}O_4$, якія ўваходзяць у састаў нуклеінавых кіслот.

Да найбольш вядомых монацукрыдаў гексоз адносяцца **глюкоза** і **фруктоза**.

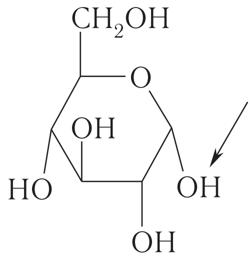
Будова і фізічныя ўласцівасці глюкозы

Састаў глюкозы выражаецца малекулярнай формулай $\mathbf{C_6H_{12}O_6}$. Яе структурная формула:

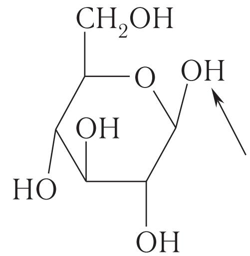


Глюкоза, гэтак жа як рыбоза і дэзаксірыбоза, адносіцца да біфункцыянальных арганічных злучэнняў. Глюкоза змяшчае ў саставе малекул альдэгідную групу і пяць гідраксільных груп.

Вывучэнне будовы глюкозы паказала, што прыведзеная вышэй лінейная форма малекулы існуе толькі ў растворы і ў вельмі невялікай колькасці. У цвёрдым выглядзе глюкоза існуе ў цыклічнай α- або β-форме, якія з'яўляюцца рознымі рэчывамі і адрозніваюцца адна ад адной, напрыклад, тэмпературамі плаўлення:



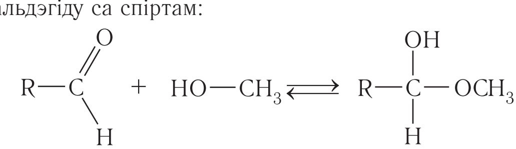
α-форма
т. пл. 146 °C



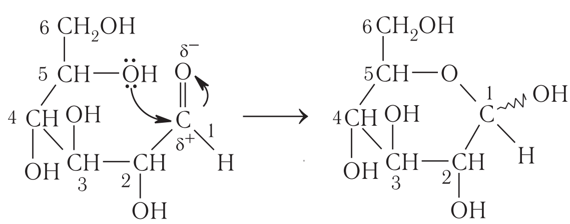
β-форма
т. пл. 150 °C

Звярніце ўвагу, што пры запісе цыклічных формаў глюкозы з мэтай спрашчэння сімвалы атамаў вугляроду і вадароду ў вугляродным шкілеце цыкла прапушчаны.

Утварэнне цыклічнай формы глюкозы лягчэй зразумець, калі разглядзець паміжмалекулярную рэакцыю альдэгіду са спіртам:



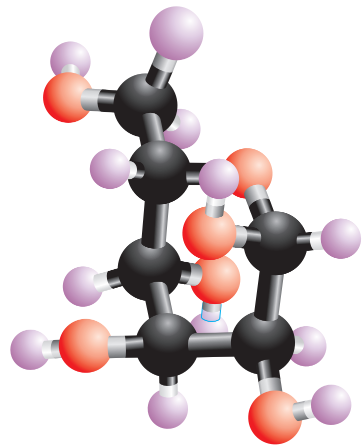
Утварэнне паўацэталю ў малекуле глюкозы адбываецца ўнутрымалекулярна, паколькі ў яе саставе ёсць альдэгідная і гідраксільныя групы.
Дзякуючы магчымасці свабоднага вярчэння вакол адзінарных сувязей гідраксільная група, звязаная з вугляродам, абазначаным лічбай пяць, можа знаходзіцца каля альдэгіднай групы, рэагаваць з ёй, утвараючы шасцічленны цыкл:



Хімічная сувязь атама вугляроду альдэгіднай групы з кіслародам гідраксільнай групы ўтвараецца за кошт непадзеленай электроннай пары кіслароду. Двайная сувязь пры гэтым разрываецца, і атам вадароду гідраксільнай групы далучаецца да кіслароду карбанільнай групы (выгнутымі стрэлкамі паказана зрушэнне электроннай шчыльнасці).

Разгледзім, чаму ўтвараюцца дзве цыклічныя формы глюкозы. Карбанільная група, як вам вядома, у прасторы мае плоскую будову. Па гэтай прычыне непадзеленая электронная пара атама кіслароду гідраксільнай групы можа атакаваць атам вугляроду двайной C═O-сувязі як зверху (утвараецца адна форма), так і знізу (утвараецца другая форма), г. зн. утвараюцца розныя прасторавыя ізамеры. У β-форме глюкозы гідраксільная група ў першага вугляроднага атама і група —CH_2OH знаходзяцца з аднаго боку цыкла; у α-форме — па розныя бакі цыкла.

Мадэль малекулы глюкозы прыведзена на малюнку 71.

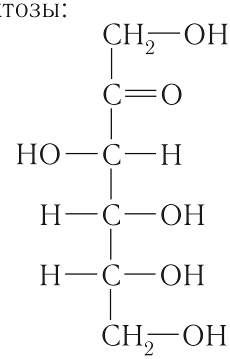


Мал. 71. Шарастружнёвая мадэль малекулы глюкозы

Фруктоза. Ізамерыя монацукрыдаў

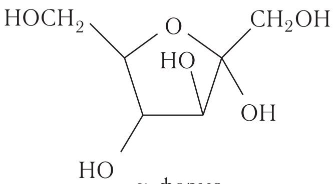
Існуюць іншыя монацукрыды, якія маюць такі ж састаў, як і глюкоза, адным з якіх з'яўляецца **фруктоза**. Малекулярная формула фруктозы $C_6H_{12}O_6$. Яна з'яўляецца ізамерам глюкозы.

Структурная формула фруктозы:

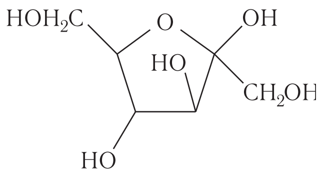


Са структурнай формулы відаць адрозненне будовы малекулы глюкозы ад малекулы фруктозы. У малекуле фруктозы змяшчаецца група >C═O, а ў малекуле глюкозы — H–C(─)═O.

У адрозненне ад глюкозы, у цыклічнай форме якой змяшчаецца шэсць атамаў, цыклічная структура фруктозы мае пяць атамаў, і яе будову (не для запамінання) паказваюць наступным чынам:



α-форма



β-форма

Уласцівасці глюкозы і фруктозы

Глюкоза — бясколернае крышталічнае рэчыва, якое добра раствараецца ў вадзе, салодкае на смак. У свабодным стане глюкоза і фруктоза знаходзяцца ў пладах і кветках. Напрыклад, мёд складаецца з сумесі глюкозы і фруктозы.

У крыві чалавека масавая доля глюкозы складае прыкладна 0,1 %. Змяшчальнасць глюкозы ў крыві рэгулюецца гармонам *інсулінам*, які ўтвараецца натуральна. Пры дыябеце (цукровай хваробе) глюкоза змяшчаецца ў крыві і мачы ў павышанай канцэнтрацыі, і таму людзям, якія пакутуюць на дыябет, патрабуюцца штодзённыя ін'екцыі інсуліну.

Фруктоза змяшчаецца разам з глюкозай у салодкіх фруктах, пчаліным мёдзе і ў саставе дыцукрыду цукрозы. Сярод усіх монацукрыдаў фруктоза валодае самым салодкім смакам (табл. 30).

Табліца 30. **Умоўная шкала салодкасці**

Рэчыва	Малекулярная формула	Адносная салодкасць	Рэчыва	Малекулярная або структурная формула	Адносная салодкасць
Гліцэрына	$C_3H_8O_3$	0,65	Фруктоза	$C_6H_{12}O_6$	1,65
Глюкоза	$C_6H_{12}O_6$	1,00	Аспартам	$C_{14}H_{16}O_5N$	290
Цукроза	$C_{12}H_{22}O_{11}$	1,45	Сахарын	$C_7H_5O_3NS$	300

Малекула глюкозы змяшчае альдэгідную групу і пяць гідраксільных груп і ўтварае лінейную і цыклічную формы.

Лінейная форма існуе толькі ў растворы і ў вельмі невялікай колькасці. У цвёрдым выглядзе для глюкозы характэрны дзве цыклічныя формы.

Ізамерам глюкозы з'яўляецца фруктоза.

Пытанні і заданні

1. Размяркуйце дадзеныя формулы — $C_5H_{10}O_5$, $C_4H_8O_4$, $C_6H_{12}O_6$ — у наступным парадку: а) тэтроза; б) пентоза; в) гексоза.
2. Назавіце вядомыя вам пентозы і гексозы. Дзе ў прыродзе яны знаходзяцца?
3. Якія функцыянальныя групы ўваходзяць у састаў малекул глюкозы?
4. Складзіце структурныя формулы дзвюх цыклічных форм глюкозы.

5. Складзіце структурную формулу фруктозы ў адкрытай форме.

6. Растлумачце, як утвараюцца цыклічныя формы глюкозы.

7. Вылічыце аб’ём (н. у.) вуглякіслага газу, які ўтвараецца пры поўным згаранні глюкозы хімічнай колькасцю 2 моль.

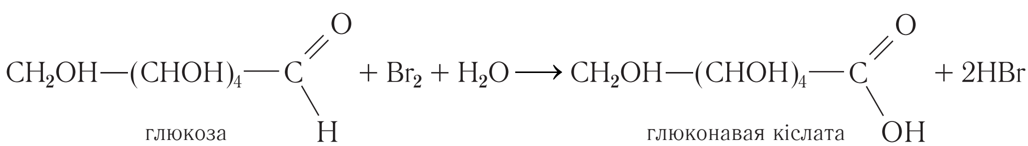
§ 45. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне глюкозы

<u>*Хімічныя ўласцівасці*</u>

Глюкоза з’яўляецца прадстаўніком арганічных злучэнняў, якія змяшчаюць у саставе малекул дзве розныя функцыянальныя групы (—CHO і —OH). Хімічныя ўласцівасці глюкозы пацвярджаюць наяўнасць у яе малекуле і альдэгіднай групы, і гідраксільных груп.

1) Акісленне

Наяўнасць альдэгіднай групы выяўляецца яе акісленнем у карбаксільную пры ўзаемадзеянні раствору глюкозы нават з такім слабым акісляльнікам, як бромная вада:

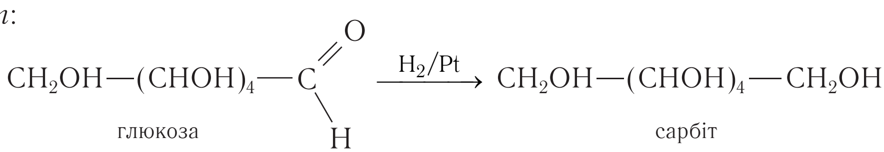


Пры гэтым адбываецца абясколерванне раствору брому, таму дадзеную рэакцыю можна выкарыстоўваць для *якаснага вызначэння* прысутнасці альдэгіднай групы ў малекуле глюкозы. Другой *якаснай рэакцыяй* на прысутнасць альдэгіднай групы з’яўляецца ўзаемадзеянне раствору глюкозы з аміячным растворам аксіду серабра(I). Калі праводзіць гэту рэакцыю ў прабірцы пры слабым награванні, то ў выніку на сценках прабіркі з’яўляецца люстраны налёт серабра — *рэакцыя сярэбранага люстра*. Значыць, глюкоза валодае **аднаўленчымі ўласцівасцямі**, як і альдэгіды.

Калі да свежаатрыманага гідраксіду медзі(II) прыбавіць раствор глюкозы, з’яўляецца інтэнсіўная сіняя афарбоўка, характэрная для злучэнняў, якія змяшчаюць у малекуле дзве і больш гідраксільныя групы (якасная рэакцыя на мнагаатамныя спірты). Пры награванні рэчыва назіраецца яшчэ адна якасная рэакцыя акіслення глюкозы з утварэннем чырвонага асадку аксіду медзі(I). Гэту рэакцыю прымяняюць для колькаснага вызначэння глюкозы.

2) Аднаўленне

Пры дзеянні адноўнікаў глюкоза ператвараецца ў шасціатамны спірт *сарбіт*:



3) Браджэнне

Глюкоза валодае таксама некаторымі спецыфічнымі ўласцівасцямі, такімі, як браджэнне — дэструктыўнае раскладанне пад дзеяннем ферментаў. Ніжэй паказаны некалькі тыпаў браджэння:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2\underset{\text{этанол}}{C_2H_5OH} + 2CO_2$$ — *спіртавое браджэнне*

Спіртавое браджэнне выкарыстоўваецца для вытворчасці спірту, він, піва, у хлебапячэнні.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,\underset{\text{малочная кіслата}}{H_3C-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-COOH}$$ — *малочнакіслае браджэнне*

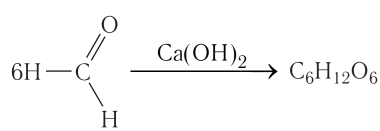
Малочнакіслае браджэнне, якое выклікаецца бактэрыямі роду Lactobacillus, выкарыстоўваецца для атрымання шэрага харчовых прадуктаў (сыраквашы, кефіру і інш.) і малочнай кіслаты, якая прымяняецца ў тэкстыльнай і гарбарнай прамысловасці, а таксама пры сіласаванні кармоў.

<u>*Атрыманне і прымяненне*</u>

У прыродзе глюкоза ўтвараецца ў працэсе ўзаемадзеяння аксіду вугляроду(IV) і вады ў зялёных частках раслін пад дзеяннем сонечнага святла з удзелам хларафілу:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хларафіл}]{\text{святло}} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2$$

Упершыню сінтэз цукрыстых рэчываў з мурашынага альдэгіду ажыццявіў у 1861 г. рускі вучоны А. М. Бутлераў:



У прамысловасці глюкозу атрымліваюць гідролізам крухмалу ў прысутнасці сернай кіслаты:

$$\underset{\text{крухмал}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} n\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Глюкоза — каштоўны спажыўны прадукт. Найбольш важная функцыя глюкозы ў арганізме — забеспячэнне энергіяй. Пры акісленні глюкозы ў арганізме вылучаецца энергія, неабходная для жыццядзейнасці чалавека.

Глюкозу прымяняюць у медыцыне як пажыўнае рэчыва і кампанент кровазамяняльных супрацьшокавых вадкасцей. Глюкоза выкарыстоўваецца для атрымання вітаміну С (аскарбінавай кіслаты), сарбіту і біяпалімераў, а таксама ў кандытарскай прамысловасці.

Для глюкозы характэрны рэакцыі акіслення, аднаўлення і браджэння.

У прамысловасці глюкозу атрымліваюць гідролізам крухмалу ў прысутнасці сернай кіслаты.

Глюкоза выкарыстоўваецца для атрымання вітаміну С (аскарбінавай кіслаты), сарбіту і біяпалімераў, у кандытарскай прамысловасці.

Пытанні і заданні

1. Пакажыце структуру глюкозы ў лінейнай і цыклічных формах.
2. На падставе якіх доследаў можна даказаць будову глюкозы?
3. У дзвюх пранумараваных прабірках знаходзяцца растворы гліцэрыны і глюкозы. Як можна вызначыць кожны з раствораў? Састаўце ўраўненне адпаведнай рэакцыі.
4. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

$$(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH$$

5. У працэсе фотасінтэзу расліна паглынула аксід вугляроду(IV) аб'ёмам (н. у.) 44,8 $дм^3$. Вылічыце масу глюкозы, якая ўтварылася.
6. Састаўце ўраўненне рэакцыі акіслення глюкозы бромнай вадой.
7. У працэсе браджэння глюкозы масай 180 г вылучыўся вуглякіслы газ, які прапусцілі праз раствор гідраксіду натрыю аб'ёмам 728 $см^3$ з масавай доляй 10 % і шчыльнасцю 1,099 $г/см^3$. Разлічыце састаў раствору, што ўтварыўся. Якая соль пры гэтым атрымалася?

Лабараторны дослед 8

Узаемадзеянне глюкозы з гідраксідам медзі(II)

1. У прабірку наліце раствор гідраксіду натрыю аб'ёмам 2 $см^3$ і дабаўце 4 кроплі раствору сульфату медзі(II). Што назіраеце?
2. Да атрыманага гідраксіду медзі(II) дабаўце раствор глюкозы аб'ёмам 1 $см^3$ і сумесь узбоўтайце. Што назіраеце?
3. Асцярожна нагрэйце змесціва прабіркі. Што назіраеце?
4. Апішыце змяненні, якія назіраюцца.

§ 46. Дыцукрыды. Цукроза

Дыцукрыды — вугляводы, у састаў якіх уваходзяць астаткі дзвюх малекул монацукрыдаў.

Найбольш вядомымі дыцукрыдамі з'яўляюцца **цукроза**, або звычайны цукар, **мальтоза**, якая атрымліваецца з крухмалу, і **лактоза**, якая змяшчаецца ў малацэ.

!? Каля 80 % людзей, асабліва ў пажылым узросце, «не пераносяць» малако і малочныя прадукты, што тлумачыцца паніжанай выпрацоўкай або адсутнасцю ферменту лактазы, які ўдзельнічае ў расшчапленні вугляводу лактозы на два монацукрыды. У немаўлят у арганізме ўтвараецца дастаткова лактазы, аднак з узростам яе ўтварэнне памяншаецца.

Цукрозу ў быце называюць цукрам, які з'яўляецца агульнавядомым прадуктам харчавання. Цукроза змяшчаецца ў цукровых бураках (17—19 %) і цукровым трыснягу (13—15 %), з якіх атрымліваюць бурачковы або трысняговы цукар.

Будова

Малекулярная формула цукрозы $\mathbf{C_{12}H_{22}O_{11}}$. У саставе малекулы цукрозы ёсць гідраксільныя групы, як і ў малекуле глюкозы. Пераканаемся ў гэтым на доследзе: правядзём рэакцыю ўзаемадзеяння раствору цукрозы са свежапрыгатаваным гідраксідам медзі(II). Ярка-сіні раствор, які ўтвараецца, сведчыць аб наяўнасці ў саставе малекулы цукрозы гідраксільных груп.

Награванне раствору цукрозы з аміячным растворам аксіду серабра(I) або з гідраксідам медзі(II) не дае рэакцыю сярэбранага люстра і не прыводзіць да ўтварэння асадку аксіду медзі(I). Гэта гаворыць аб тым, што ў малекуле цукрозы адсутнічае альдэгідная група. Па гэтай прычыне цукрозу адносяць да **неаднаўленчых** вугляводаў у адрозненне ад глюкозы.

Фізічныя ўласцівасці

Цукроза — бясколернае крышталічнае рэчыва з тэмпературай плаўлення ад 160 °С да 185 °С, добра раствараецца ў вадзе, салодкае на смак. Расплаўленая цукроза пры застыванні ператвараецца ў сумесь аморфных рэчываў — *карамель*.

Хімічныя ўласцівасці

Гідроліз

Доказам таго, што цукроза ўяўляе сабой дыцукрыд, з'яўляецца рэакцыя кіслотнага гідролізу. Пры награванні раствору цукрозы з разбаўленай сернай кіслатой утвараюцца глюкоза і яе ізамер фруктоза. Спрошчанае ўраўненне кіслотнага гідролізу прыведзена ніжэй:

$$\underset{\text{цукроза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Прадукты кіслотнага гідролізу цукрозы даюць рэакцыю сярэбранага люстра. Устаноўлена, што ў малекуле цукрозы глюкоза змяшчаецца ў цыклічнай α-форме, а фруктоза — у цыклічнай β-форме.

Сумесь глюкозы і фруктозы, якая атрымліваецца пасля кіслотнага гідролізу цукрозы, называецца *штучным мёдам* і выкарыстоўваецца ў харчовай прамысловасці.

Пад дзеяннем канцэнтраванай сернай кіслаты цукроза здольная адшчапляць ваду (дэгідратавацца) з утварэннем прадуктаў чорнага колеру, якія маюць складаную цыклічную будову (мал. 72). Акрамя таго, у працэсе рэакцыі вылучаюцца значныя колькасці CO і CO_2.

Мал. 72. Дэгідратацыя цукрозы

Мальтоза і лактоза адносяцца да аднаўленчых вугляводаў. Мальтоза атрымліваецца пры ферментатыўным гідролізе крухмалу і з'яўляецца прамежкавым прадуктам у вытворчасці піва і этылавага спірту. Пад дзеяннем ферменту мальтазы, які знаходзіцца ў піўных дражджах і сліне, мальтоза расшчапляецца на дзве малекулы глюкозы.

Атрыманне

У прамысловасці цукрозу атрымліваюць з соку цукровых буракоў або цукровага трыснягу. Гэтыя дзве расліны забяспечваюць каля 90 % сусветнай вытворчасці цукрозы.

Вытворчасць цукрозы складаецца з некалькіх этапаў. У пачатку клубні цукровых буракоў адмываюць ад розных забруджанняў, здрабняюць у тонкія стружкі, змяшчаюць у спецыяльныя пасудзіны, куды прапускаюць гарачую ваду. У выніку экстракцыі вадой у раствор пераходзіць амаль уся цукроза, але адначасова туды пераходзяць розныя арганічныя кіслоты, бялкі і фарбавальныя рэчывы.
Атрыманы раствор апрацоўваюць вапнавым малаком (раствор $Ca(OH)_2$). Цукроза ўтварае растваральныя ў вадзе малекулярныя комплексы з гідраксідам кальцыю. Прымесі кіслага характару асаджаюцца ў выглядзе кальцыевых солей.
На наступным этапе праз атрыманы раствор прапускаюць аксід вугляроду(IV), у выніку чаго комплексы з гідраксідам кальцыю раскладаюцца з вылучэннем чыстай цукрозы, а ў асадак выпадае карбанат кальцыю.
Асадак карбанату кальцыю фільтруюць і з раствору, што застаўся, пасля ўпарвання ў вакуумных апаратах цукрозу аддзяляюць цэнтрыфугаваннем. У астатку атрымліваюць буры раствор (меласу), які змяшчае да 50 % цукрозы. З меласы яе здабываюць дадаткова.
Для атрымання цукру белага колеру цукрозу раствараюць у вадзе і фільтруюць праз актываваны вугаль або іонаабменныя смолы.

Прадстаўнікамі дыцукрыдаў з'яўляюцца цукроза, або звычайны цукар, мальтоза, якая атрымліваецца з крухмалу, і лактоза, якая змяшчаецца ў малацэ.

Цукроза адносіцца да неаднаўленчых вугляводаў.

Хімічныя ўласцівасці цукрозы: кіслотны гідроліз з утварэннем глюкозы і фруктозы і дэгідратацыя.

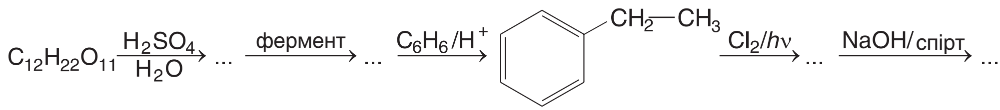
Пытанні і заданні

1. Прывядзіце азначэнне дыцукрыдаў. Назавіце прадстаўнікоў дыцукрыдаў.

2. Ахарактарызуйце рэакцыі, якія даказваюць наяўнасць гідраксільных груп і адсутнасць карбанільнай групы ў малекуле цукрозы.

3. Ці з'яўляецца фруктоза гамолагам або ізамерам глюкозы? Дайце абгрунтаваны адказ.

4. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:



5. Пры поўным гідролізе цукрозы ў прысутнасці сернай кіслаты ўтварылася сумесь глюкозы і фруктозы масай 190 г. Вызначце масу выкарыстанай цукрозы.

6. Пры браджэнні глюкозы масай 80 г быў атрыманы этанол масай 32 г. Вызначце выхад спірту ў гэтым працэсе.

Лабараторны дослед 9

Узаемадзеянне цукрозы з гідраксідам медзі(II)

1. У прабірку наліце раствор гідраксіду натрыю аб'ёмам 2 см^3 і дабаўце 4 кроплі раствору сульфату медзі. Што назіраеце?

2. Да атрыманага гідраксіду медзі дабаўце раствор цукрозы аб'ёмам 1 см^3 і ўзбоўтайце сумесь. Што назіраеце?

3. Нагрэйце асцярожна змесціва прабіркі. Што назіраеце? Апішыце змяненні, якія назіраюцца.

§ 47. Поліцукрыды. Крухмал

Да поліцукрыдаў адносяцца **крухмал, глікаген** і **цэлюлоза**. Поліцукрыды адыгрываюць дваістую ролю ў жывой прыродзе: з'яўляюцца крыніцамі хімічнай энергіі ў арганізме (крухмал і глікаген) і элементам структуры раслін (цэлюлоза).

Поліцукрыды — прыродныя высокамалекулярныя злучэнні. Яны складаюцца з соцень тысяч астаткаў монацукрыдаў, напрыклад:

$$\underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{крухмал}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O$$

У зялёных лістах раслін у працэсе фотасінтэзу ўтвараецца глюкоза, з якой у выніку рэакцыі полікандэнсацыі, што адбываецца пад дзеяннем ферментаў, атрымліваецца крухмал:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хларафіл}]{\text{святло}} 6O_2 + \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{глюкоза}}{n(C_6H_{12}O_6)} \xrightarrow{\text{фермент}} \underset{\text{крухмал}}{-(C_6H_{10}O_5-)_n} + nH_2O$$

Крухмал змяшчаецца ў многіх раслінах у выглядзе крухмальных зярнят у лістах, сцёблах, клубнях. Больш за ўсё крухмалу ўтрымліваюць злакі. Рыс, напрыклад, змяшчае да 86 % крухмалу. У клубнях бульбы крухмалу менш — каля 25 % (табл. 31).

Табліца 31. **Змяшчальнасць крухмалу ў некаторых раслінах**

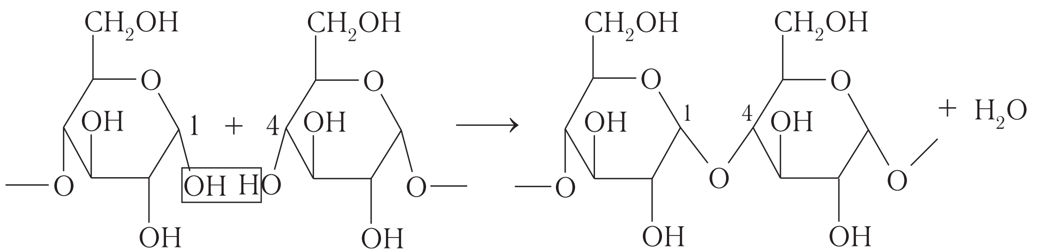
Расліна	Крухмал, %
Рыс	62—86
Пшаніца	65—75
Кукуруза	70
Бульба (клубні)	25

Будова

Крухмальныя зярняты кожнага віду раслін адрозніваюцца па форме, памеры і ўяўляюць сабой сумесь двух розных па будове і ўласцівасцях поліцукрыдаў: *амілозы* (20 % па масе) і *амілапектыну* (80 %).

Амілоза — гэта палімер лінейнай, неразгалінаванай будовы, а амілапектын — палімер разгалінаванай будовы, які складаецца з астаткаў глюкозы ў цыклічнай α-форме. Амілоза лепш раствараецца ў вадзе, чым амілапектын. Некаторыя сарты гароху змяшчаюць 66—80 % амілозы, а некаторыя сарты кукурузы — практычна чысты амілапектын.

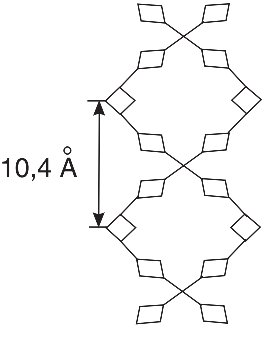
Устаноўлена, што макрамалекулы крухмалу складаюцца з астаткаў малекул глюкозы ў цыклічнай α-форме. Утварэнне крухмалу неразгалінаванай будовы ў раслінах можна паказаць наступным чынам:



Утварэнне кіслароднай сувязі адбываецца з удзелам гідраксільнай групы, звязанай з атамам вугляроду C1 адной малекулы глюкозы, і гідраксільнай групы атама вугляроду C4 другой малекулы глюкозы.

Макрамалекулы крухмалу маюць выгляд двайной спіралі. Кожнае звяно спіралі складаецца з шасці астаткаў глюкозы, злучаных адзін з адным атамамі кіслароду. Спрошчаная схема спіралі паказана на малюнку 73.

Шэсць звёнаў спіралі ўтвараюць прасторавую структуру крухмалу, унутры якой ёсць пустоты, якія часткова запоўнены малекуламі вады («вадзяныя каналы»).



Мал. 73. Схематычны паказ двайной спіралі крухмалу

Фізічныя ўласцівасці

Крухмал — белае аморфнае рэчыва, якое не раствараецца ў халоднай вадзе. Сярэдняя малекулярная маса амілозы 10^6, а амілапектыну — 10^9 і розная для розных проб. Таму малекулярную формулу крухмалу запісваюць у выглядзе $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Пры пакаёвай тэмпературы крухмал змяшчае каля 20 % вады. Калі прыгатаваць суспензію крухмалу ў вадзе і награваць яе, паглынаецца вялікая колькасць вады, і гранулы могуць павялічвацца ў 100 разоў у параўнанні з зыходным аб'ёмам. Крухмал набухае, утвараючы клейкі гелепадобны раствор, які пры ахалоджванні становіцца **клейстарам**.

Глікаген

Будова глікагену аналагічная структуры амілапектыну крухмалу, аднак ступень разгалінавання малекул глікагену вышэйшая, чым амілапектыну. Глікаген лёгка раствараецца ў вадзе, але не ўтварае клейстар.

Глікаген з'яўляецца рэзервовым поліцукрыдам жывёльных арганізмаў, сінтэзуецца і захоўваецца ў печані і мышцах.

Поліцукрыды з'яўляюцца крыніцамі хімічнай энергіі ў арганізме і элементам структуры раслін.

Малекулярная формула крухмалу $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Крухмал пабудаваны з астаткаў малекул глюкозы ў цыклічнай α-форме. Крухмал складаецца як з макрамалекул лінейнай будовы (амілоза), так і з макрамалекул разгалінаванай будовы (амілапектын).

Пытанні і заданні

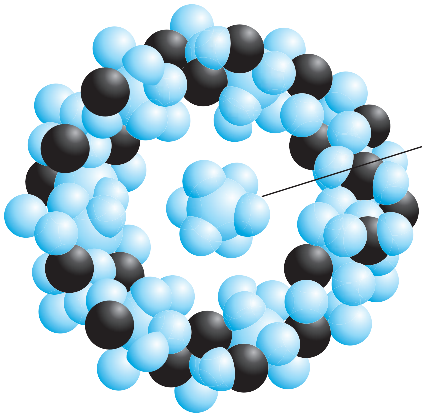
1. Якая малекулярная маса крухмалу?
2. Прывядзіце схему ўтварэння глюкозы і крухмалу ў працэсе фотасінтэзу.
3. Растлумачце адрозненне рэакцый полікандэнсацыі ад рэакцый полімерызацыі. Растлумачце працэс утварэння крухмалу з малекул глюкозы.
4. Складзіце структурную формулу фрагмента малекулы амілозы, які складаецца з трох астаткаў α-глюкозы (лінейная неразгалінаваная будова).
5. У структурную формулу з задання 4 дабаўце да сярэдняга астатку глюкозы з удзелам яго гідраксільнай групы вугляроду С6 яшчэ адзін астатак малекулы глюкозы (гідраксільная група вугляроду С2) — вы атрымаеце структурную формулу фрагмента амілапектыну.
6. У працэсе фотасінтэзу расліна паглынула аксід вугляроду(IV) аб'ёмам 680 $м^3$. Вызначце масу крухмалу, які ўтварыўся.
7. Разлічыце лік манамерных звёнаў у амілозе, калі сярэдняя малекулярная маса ўзору амілозы роўна 10^6.

§ 48. Хімічныя ўласцівасці, атрыманне і прымяненне крухмалу

<u>*Хімічныя ўласцівасці*</u>

1) Узаемадзеянне з растворам ёду

Характэрнай рэакцыяй крухмалу з'яўляецца яго ўзаемадзеянне з растворам ёду. Пры дзеянні спіртавога раствору ёду на раствор клейстара ўтвараецца характэрная сіняя афарбоўка (*якасная рэакцыя*), якая знікае пры награванні і зноў з'яўляецца пры ахалоджванні. Рэакцыя прымяняецца для якаснага вызначэння крухмалу ў харчовых і іншых прадуктах. Схема ўтварэння злучэнняў крухмалу і ёду паказана на малюнку 74.



Мал. 74. Схема ўтварэння злучэнняў уключэння крухмалу з ёдам

Як відаць з прыведзенай схемы, адбываецца адсорбцыя малекул ёду, якія ўваходзяць у поласці макрамалекулы крухмалу з утварэннем злучэнняў складанай будовы (злучэнняў уключэння).

Падобныя злучэнні крухмал утварае таксама з некаторымі спіртамі (бутанолам-1), тлушчамі і растваральнікамі лінейнай будовы.

!? Селектыўная адсорбцыя крухмалам пэўных рэчываў з'яўляецца прыватным выпадкам «малекулярнага пазнавання», калі малекулы некаторых арганічных злучэнняў рэагуюць (працэс «пазнавання») толькі з канкрэтнымі неарганічнымі або арганічнымі рэчывамі.

2) Гідроліз

Гідроліз крухмалу пры кіпячэнні з невялікай колькасцю сернай кіслаты (**кіслотны гідроліз**) ідзе праз некалькі стадый, і канечны прадукт — монацукрыд глюкоза — утвараецца з колькасным выхадам. Пры **ферментатыўным гідролізе** ўтвараецца дыцукрыд мальтоза з 80 %-м выхадам, што шырока прымяняецца ў вытворчасці спірту і піва.

Прамежкавымі прадуктамі кіслотнага гідролізу крухмалу з'яўляюцца *дэкстрыны*, якія маюць малекулярную масу, меншую за крухмал, і дыцукрыды, напрыклад мальтоза.

Агульная схема працэсу прыведзена ніжэй:

$$\underset{\text{крухмал}}{(C_6H_{10}O_5)_m} \longrightarrow \underset{\text{дэкстрыны}}{(C_6H_{10}O_5)_n} \longrightarrow \underset{\text{дыцукрыды}}{xC_{12}H_{22}O_{11}} \longrightarrow \underset{\text{глюкоза}}{mC_6H_{12}O_6}$$

Паколькі адбываецца паступовае расшчапленне макрамалекул крухмалу на больш кароткія ланцугі, лік n, які паказвае колькасць астаткаў глюкозы ў дэкстрынах, значна меншы за лік m. Ураўненне рэакцыі можна запісаць у спрошчаным выглядзе:

$$\underset{\text{крухмал}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\,t} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6}$$

Калі спачатку будзем гідралізаваць раствор крухмалу, а затым нейтралізуем яго і зноў правядзём рэакцыю з гідраксідам медзі(II), то зможам назіраць характэрны асадак аксіду медзі(I). Гэта даказвае, што адбываецца расшчапленне макрамалекул крухмалу і ўтвараюцца рэчывы, якія змяшчаюць альдэгідную групу.

Атрыманне і прымяненне

У прамысловасці крухмал атрымліваюць з бульбы, кукурузы або рысу. Спосаб вылучэння заключаецца ў прамыванні вадой, якая растварае крухмал лягчэй, чым астатнія кампаненты.

Крухмал з'яўляецца важнейшай крыніцай вугляводаў. Вугляводы, неабходныя арганізму, паступаюць у дастатковай колькасці ў выглядзе крухмалу, які змяшчаецца ў хлебе, бульбе і розных крупах. Пад дзеяннем ферментаў стрававальнага тракту крухмал і дыцукрыды падвяргаюцца гідролізу да глюкозы. Лішак глюкозы захоўваецца арганізмам у мышцах і печані ў выглядзе поліцукрыду глікагену.

Крухмал прымяняецца ў харчовай і фармацэўтычнай прамысловасці, для вытворчасці глюкозы, у якасці клея і г. д.

Пры ўзаемадзеянні спіртавога раствору ёду з растворам клейстара ўтвараецца характэрная сіняя афарбоўка.

Прамежкавымі прадуктамі гідролізу крухмалу з'яўляюцца дэкстрыны і мальтоза. Канечны прадукт гідролізу — глюкоза.

Лішак глюкозы захоўваецца арганізмам у мышцах і печані ў выглядзе поліцукрыду глікагену.

Пытанні і заданні

1. Якія вугляводы належаць да поліцукрыдаў?

2. Назавіце характэрную рэакцыю для якаснага вызначэння крухмалу ў харчовых і іншых прадуктах.

3. Назавіце і ахарактарызуйце прамежкавыя прадукты гідролізу крухмалу.

4. Як распазнаць растворы глюкозы і клейстару, якія знаходзяцца ў розных прабірках?

5. Вараную бульбу часам выкарыстоўваюць у якасці клею. Растлумачце яе клеючае дзеянне.

6. У чым падабенства і адрозненне ў будове крухмалу і глікагену?

7. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{H_2SO_4/H_2O} \ldots \xrightarrow{\text{фермент}} \ldots \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \ldots \xrightarrow{Br_2} \ldots$$

8. Вылічыце аб'ём этанолу (шчыльнасць 0,789 г/см^3), які можна атрымаць з бульбы масай 1 т, якая змяшчае крухмал з масавай доляй 0,15. Выхад прадуктаў на абедзвюх стадыях складае 70 %. Прывядзіце ўраўненні рэакцый апісаных ператварэнняў.

9. Як вы лічыце, чаму бульбу выкарыстоўваюць у вытворчасці этанолу?

Лабараторны дослед 10

Узаемадзеянне крухмалу з ёдам. Гідроліз крухмалу

1. Прыгатуйце крухмальны клейстар аб'ёмам каля 5—6 см^3 і разліце яго ў дзве прабіркі.

2. Да адной часткі клейстару дабаўце некалькі кропель ёднай вады, якая мае саламяна-жоўтую афарбоўку. Што назіраеце?

3. У другую прабірку дабаўце серную кіслату аб'ёмам 0,5 см^3 (1 : 5) і пракіпяціце сумесь на працягу 2—3 мін. Дакажыце ўтварэнне глюкозы ў атрыманым растворы.

§ 49. Цэлюлоза

Цэлюлоза, як крухмал і глікаген, адносіцца да прыродных палімераў. Макрамалекулы цэлюлозы ўваходзяць у састаў клетачных сценак усіх раслін. Назва рэчыва паходзіць ад лацінскага слова «cellula», што ў перакладзе азначае «клетка». Валокны бавоўны, лёну і канапель у асноўным складаюцца з цэлюлозы, а ў драўніне яна складае каля 50 % у разліку на сухое рэчыва. Узорам практычна 100-працэнтнай цэлюлозы з'яўляецца вата, атрыманая з бавоўны.

Будова

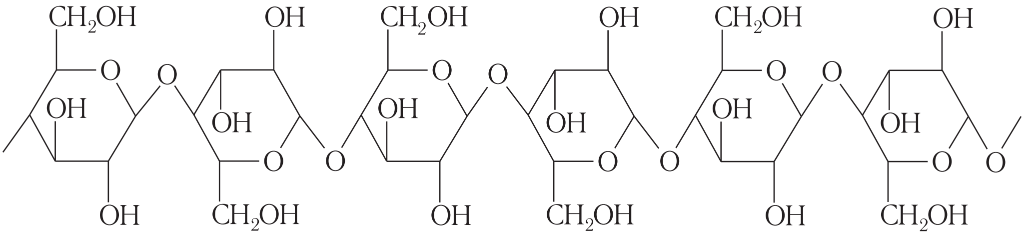
Малекулярная формула цэлюлозы $\mathbf{(C_6H_{10}O_5)_n}$ такая ж, як і крухмалу. Але на самай справе крухмал і цэлюлоза — зусім розныя рэчывы, таму што ёсць адрозненні ў будове іх макрамалекул.

Ступень полімерызацыі макрамалекул цэлюлозы значна вышэйшая, чым крухмалу, і малекулярная маса цэлюлозы дасягае некалькіх мільёнаў.

Макрамалекулы цэлюлозы пабудаваны з астаткаў глюкозы ў цыклічнай β-форме.

Яшчэ адна асаблівасць цэлюлозы заключаецца ў лінейнай будове яе макрамалекул.

Схема будовы макрамалекулы цэлюлозы:



Звярніце ўвагу, што ў структуры макрамалекул цэлюлозы кожнае другое кольца астатку глюкозы павернута на 180° адносна першага, што забяспечвае шчыльную ўпакоўку макрамалекул цэлюлозы. Паколькі кожны астатак глюкозы змяшчае тры гідраксільныя групы, то паміж ланцугамі макрамалекул цэлюлозы ўтвараюцца міжмалекулярныя вадародныя сувязі. Гэта таксама павялічвае механічную трываласць цэлюлозы. Дзякуючы механічнай трываласці цэлюлоза з'яўляецца канструкцыйным матэрыялам раслін.

!? Падобна да цэлюлозы ў раслінах, апорныя і механічныя функцыі ў ракападобных і некаторых насякомых выконвае цвёрды вонкавы шкілет — *хіцін*, які таксама ўяўляе сабой палімер, падобны да цэлюлозы. Адрозненне хіціну ад цэлюлозы ў тым, што кожны астатак глюкозы замест адной з гідраксільных груп змяшчае ацэтамідную групу —NH—$COCH_3$.

У арганізме чалавека адсутнічае фермент, здольны расшчапляць хімічныя сувязі цэлюлозы, утвораныя за кошт астаткаў цэлюлозы ў цыклічнай β-форме. Таму цэлюлоза не можа з'яўляцца крыніцай пажыўных рэчываў для чалавека. Аднак многія мікраарганізмы могуць расшчапляць цэлюлозу. Такія мікраарганізмы жывуць у глебе, страўніках жвачных жывёл, мурашак-дрэватачыльшчыкаў і інш. Яны разбураюць загінуўшыя дрэвы, апалае лісце і рэшткі паперы, такім чынам дапамагаючы ачышчаць ад смецця нашу планету.

!? Акрамя астаткаў глюкозы, у саставе цэлюлозы знаходзяцца іншыя арганічныя рэчывы, сярод якіх найбольш вядомыя *лігнін* і *геміцэлюлоза*. Макрамалекула лігніну ў асноўным складаецца з астаткаў араматычных злучэнняў.

Хімічныя ўласцівасці цэлюлозы сведчаць аб тым, што кожны астатак глюкозы ў макрамалекуле цэлюлозы змяшчае тры гідраксільныя групы. Таму формулу цэлюлозы часам запісваюць у такім выглядзе:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$$

Фізічныя ўласцівасці

Цэлюлоза ўяўляе сабой белае аморфнае рэчыва, якое не раствараецца ні ў вадзе, ні ў звычайных арганічных растваральніках. Цэлюлоза гіграскапічная, паглынае каля 10 % вады. Пры награванні цэлюлоза абвугліваецца і ўтварае сумесі розных арганічных злучэнняў.

Малекулярная формула цэлюлозы $(C_6H_{10}O_5)_n$ — такая ж, як і крухмалу.

Макрамалекулы цэлюлозы пабудаваны з рэштkaў глюкозы ў цыклічнай β-форме і па гэтай прычыне шчыльна ўпакаваны адна каля адной.

Утварэнне міжмалекулярных вадародных сувязей з удзелам гідраксільных груп таксама павялічвае механічную трываласць цэлюлозы.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце назвы вядомых вам прыродных палімераў.
2. Растлумачце, у чым заключаецца адрозненне ў будове макрамалекул крухмалу і цэлюлозы.
3. Прывядзіце агульную формулу цэлюлозы.
4. Якія фактары тлумачаць механічную трываласць цэлюлозы?
5. Разлічыце аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу, які вылучаецца пры поўным згаранні драўніны сасны масай 2 т. Дапусціце, што ўсе вугляводы, якія змяшчаюцца ў сасне (каля 70 %), з'яўляюцца рэшткамі глюкозы (згаранне лігніну можна не ўлічваць).
6. Змяшчальнасць воцатнай кіслаты ў драўніне бярозы дасягае 5 %. Вылічыце масу кіслаты, якую можна атрымаць з драўніны масай 1 т з выхадам 75 %.
7. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & & & C_6H_{14}O_6 & & \\ & & & & & & \uparrow & & \\ CO_2 & \rightarrow & C_6H_{12}O_6 & \rightarrow & (C_6H_{10}O_5)_n & \rightarrow & C_6H_{12}O_6 & \rightarrow & Ag \\ & & & & & & \downarrow & & \\ & & & & & & C_2H_5OH & & \end{array}$$

§ 50. Хімічныя ўласцівасці і прымяненне цэлюлозы

Цэлюлоза з'яўляецца надзвычай важнай сыравінай для розных галін прамысловасці. Напрыклад, тэкстыльная прамысловасць выкарыстоўвае прыродныя валокны лёну, бавоўны і інш., не падвяргаючы іх хімічнай апрацоўцы. Для атрымання ж штучных валокнаў цэлюлозу падвяргаюць хімічнай апрацоўцы.

Хімічнай апрацоўцы падвяргаецца ў асноўным цэлюлоза, якая атрымліваецца з драўніны, хоць у некаторых выпадках можна выкарыстоўваць цэлюлозу саломы або розных траў. Спачатку з драўніны атрымліваюць сырую цэлюлозу, якую

затым адбельваюць рознымі спосабамі. Пры атрыманні штучных валокнаў цэлюлозу раствараюць у падыходзячым растваральніку, фільтруюць і прапускаюць праз тонкія адтуліны ў чаны, дзе адбываецца асаджэнне цэлюлозы. Атрыманыя ніткі падвяргаюць розным аперацыям для атрымання неабходных уласцівасцей.

1) Гідроліз

Цэлюлоза, гэтак жа як і крухмал, можа падвяргацца гідролізу з утварэннем канечнага прадукту — глюкозы:

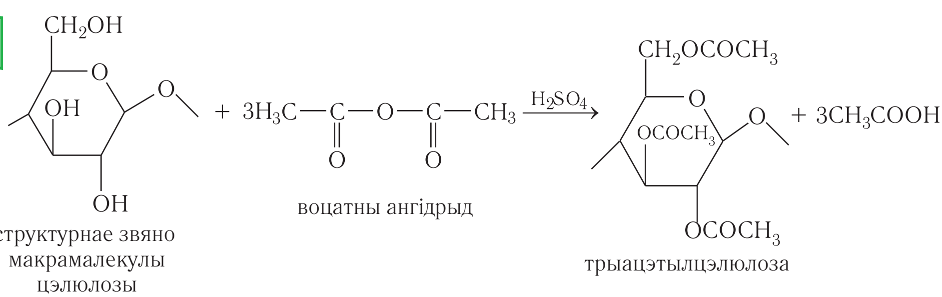
$$\underset{\text{цэлюлоза}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\, t} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6}$$

Этылавы спірт, які атрымліваецца з цэлюлозы, называюць *гідролізным* і выкарыстоўваюць у якасці тэхнічнага спірту, паколькі ён можа змяшчаць невялікую колькасць таксічнага метылавага спірту.

Награваннем драўніны без доступу паветра атрымліваюць драўняны вугаль. У гэтых умовах пры раскладанні драўніны адначасова ўтвараюцца метан, метанол, воцатная кіслата і ацэтон.

2) Утварэнне складаных эфіраў

Для цэлюлозы характэрна рэакцыя этэрыфікацыі з утварэннем складаных эфіраў. Цэлюлозу апрацоўваюць воцатнай кіслатой або лепш ангідрыдам воцатнай кіслаты.



У залежнасці ад колькасці ўзятага воцатнага ангідрыду ў адносінах да цэлюлозы ўтвараецца мона-, ды- або трыацэтылцэлюлоза.

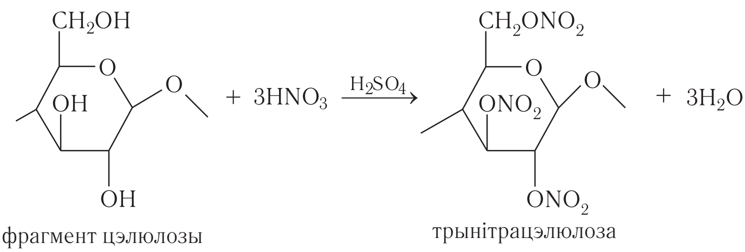
Ураўненне рэакцыі этэрыфікацыі можна запісваць і такім чынам:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nCH_3COOH \longrightarrow [C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n + 3nH_2O$$

Этэрыфікацыя воцатнай кіслатой або воцатным ангідрыдам прыводзіць да таго, што ацэтылцэлюлоза аказваецца здольная растварацца ў арганічных растваральніках. Магчымасць утварэння раствораў ацэтылцэлюлозы выкарыстоўваецца ў вытворчасці для атрымання ацэтатнага валакна — штучнага шоўку (гл. мал. 65).

Складаныя эфіры ўтвараюцца таксама пры апрацоўцы цэлюлозы азотнай кіслатой у прысутнасці сернай кіслаты:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nHNO_3 \longrightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n + 3nH_2O$$



Трынітравытворныя цэлюлозы выкарыстоўваюцца ў якасці выбуховых рэчываў і для вытворчасці бяздымнага пораху.

Найбольшая колькасць цэлюлозы ідзе на вытворчасць паперы.

Цэлюлоза, гэтак жа як і крухмал, можа падвяргацца ступеньчатаму гідролізу з утварэннем канечнага прадукту — глюкозы.

Для цэлюлозы характэрна рэакцыя этэрыфікацыі з утварэннем складаных эфіраў.

Складаныя эфіры ўтвараюцца таксама пры апрацоўцы цэлюлозы азотнай кіслатой у прысутнасці сернай кіслаты.

Пытанні і заданні

1. Складзіце схему гідролізу цэлюлозы. Які канечны прадукт утвараецца пры гэтым?
2. Апішыце спосаб атрымання этанолу з драўніны. Састаўце ўраўненні рэакцый, якія адбываюцца.
3. Састаўце ўраўненне рэакцыі цэлюлозы з воцатным ангідрыдам хімічнай колькасцю 2 моль.
4. Састаўце ўраўненне рэакцыі цэлюлозы з азотнай кіслатой хімічнай колькасцю 1 моль.
5. Састаўце ўраўненне рэакцыі цэлюлозы з лішкам воцатнай кіслаты.
6. Пералічыце асноўныя прадукты, якія атрымліваюцца ў выніку хімічнай перапрацоўкі цэлюлозы.
7. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{H_2SO_4/H_2O} \ldots \xrightarrow{\text{ферменты}} \ldots \xrightarrow[t]{H_2SO_4} \ldots \xrightarrow[5\,°C]{KMnO_4/H_2O} \ldots$$

8. У выніку апрацоўкі драўніны масай 1 т лішкам воцатнай кіслаты атрымалі трыацэтат цэлюлозы масай 630 кг з выхадам 65 %. Вылічыце масавую долю цэлюлозы ў дадзенай драўніне.

Практычная работа 3

Рашэнне эксперыментальных задач

Варыянт 1

Задача 1. Дакажыце доследным шляхам, што ў выдадзеным вам растворы, атрыманым пры расціранні ў вадзе зярнят рысу або пшаніцы, змяшчаецца крухмал.

Задача 2. У дзвюх пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы глюкозы і гліцэрыны. Вызначце, у якой прабірцы знаходзіцца кожнае з выдадзеных рэчываў.

Задача 3. Зыходзячы з воцатнай кіслаты, атрымайце ацэтат магнію двума спосабамі.

Задача 4. У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы воцатнай кіслаты, воцатнага альдэгіду і мыла. Вызначце, у якой прабірцы знаходзіцца кожнае з выдадзеных рэчываў.

Варыянт 2

Задача 1. Дакажыце доследным шляхам, што цукроза змяшчае вуглярод.

Задача 2. У дзвюх пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы глюкозы і воцатнага альдэгіду. Вызначце, у якой прабірцы знаходзіцца кожнае з выдадзеных рэчываў.

Задача 3. Зыходзячы з воцатнай кіслаты, атрымайце ацэтат натрыю двума спосабамі.

Задача 4. У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы воцатнай кіслаты, гліцэрыны і крухмальны клейстар. Вызначце, у якой прабірцы знаходзіцца кожнае з выдадзеных рэчываў.

РАЗДЗЕЛ 9

АМІНЫ. АМІНАКІСЛОТЫ. БЯЛКІ

У арганічнай хіміі існуюць злучэнні, у састаў якіх, акрамя вугляроду, вадароду і кіслароду ўваходзіць азот. Такія злучэнні адносяцца да *азотзмяшчальных арганічных злучэнняў*. Яны класіфікуюцца ў залежнасці ад саставу і будовы. У дадзеным раздзеле вы пазнаёміцеся толькі з некаторымі з іх.

§ 51. Аміны

Будова

Аміны — арганічныя вытворныя аміяку, у малекулах якога адзін, два або тры атамы вадароду замешчаны на вуглевадародныя групы.

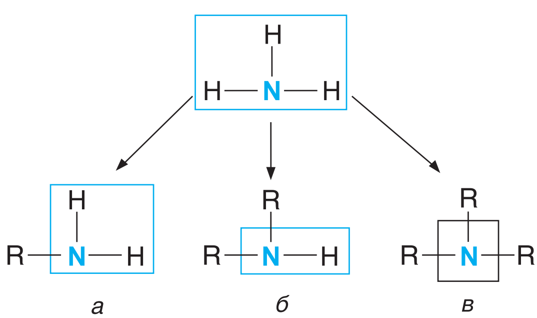
Напрыклад: CH_3NH_2, $CH_3—NH—CH_3$.

У залежнасці ад ліку вуглевадародных груп, якія змяшчаюць атамы вадароду у малекуле аміяку, адрозніваюць аміны *першасныя*, *другасныя*, *трацічныя* (мал. 75).

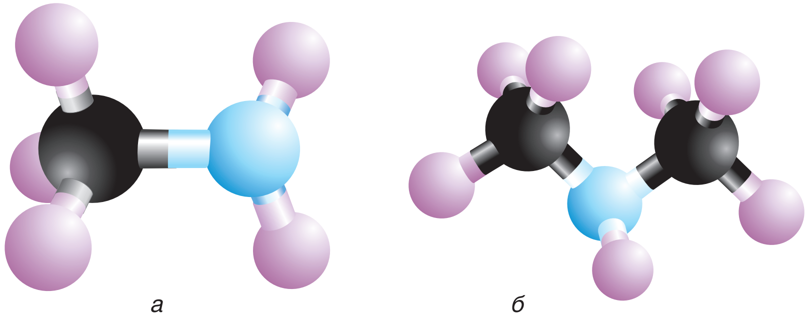
Вуглевадародныя групы ў малекулах другасных і трацічных амінаў могуць быць аднолькавыя ($CH_3—NH—CH_3$) або розныя ($CH_3—NH—C_3H_7$).

У дадзеным курсе вы будзеце ў асноўным разглядаць першасныя аміны. У саставе такіх амінаў у якасці функцыянальнай групы змяшчаецца аднавалентны астатак аміяку $—NH_2$, які называецца *амінагрупай*. Агульная формула першасных амінаў $\mathbf{R—NH_2}$, а для першасных насычаных амінаў агульную формулу запісваюць у выглядзе $\mathbf{C_nH_{2n+1}NH_2}$, дзе C_nH_{2n+1} — алкільная група.

Агульная формула першасных насычаных амінаў $\mathbf{C_nH_{2n+1}NH_2}$.



Мал. 75. Аміны: *а* — першасны; *б* — другасны; *в* — трацічны

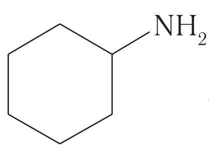


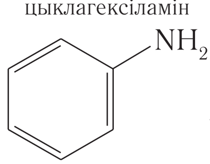
а *б*

Мал. 76. Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул метыламіну (*а*) і дыметыламіну (*б*)

У залежнасці ад прыроды вуглевадародных замяшчальнікаў адрозніваюць аміны:

аліфатычныя CH_3NH_2,
метыламін

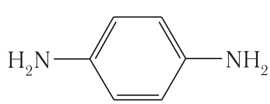
аліцыклічныя  ,
цыклагексіламін

араматычныя  .
анілін
(феніламін)

Шарастрыжнёвыя мадэлі малекул прасцейшых амінаў дадзены на малюнку 76.

Сустракаюцца аміны, якія змяшчаюць дзве і больш амінагруп, пры гэтым могуць быць *дыяміны аліфатычныя* і *араматычныя*. Напрыклад:

$$H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—NH_2$$
1,6-дыямінагексан


1,4-дыямінабензол

У малекулах амінаў сувязі C—N і N—H палярызаваныя, паколькі атам азоту валодае большай электраадмоўнасцю, чым атамы вадароду і вугляроду. Але паляр-

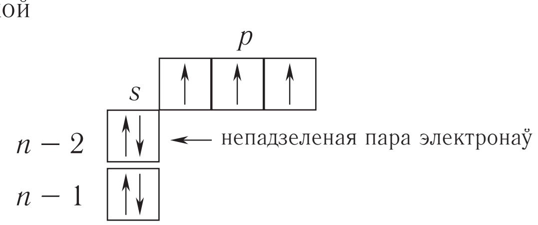
насць гэтых сувязей у параўнанні са спіртамі ($R—CH_2 \longrightarrow O \longleftarrow H$) выражана больш слаба. Для амінаў менш характэрны рэакцыі замяшчэння функцыянальнай групы $—NH_2$ у параўнанні са спіртамі.

Трэба таксама адзначыць, што хімічныя ўласцівасці амінаў вызначаюцца наяўнасцю ў атама азоту непадзеленай электроннай пары на знешнім энергетычным узроўні. Напомнім электронную будову атама азоту.

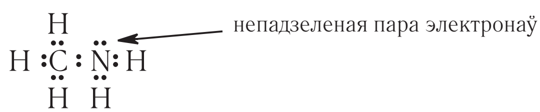
Электронная канфігурацыя атама азоту:

$$_7N\ 1s^2 2s^2 2p^3,$$

графічны відарыс якой



Электронная формула аміну запісваецца з паказам непадзеленай пары электронаў, напрыклад:



Структура малекул аліфатычных амінаў мае пэўнае падабенства са структурай малекул аміяку. Атам азоту ў малекулах аліфатычных амінаў, гэтак жа як і ў малекуле аміяку, мае тэтраэдрычную арыентацыю арбіталей, а малекулы — трыганальна-пірамідальную структуру.

Менавіта дадзеная непадзеленая пара электронаў абумоўлівае тое, што аміны з'яўляюцца моцнымі арганічнымі асновамі.

Наменклатура

Назвы першасных аліфатычных амінаў па замяшчальнай наменклатуры складаюць, узяўшы за аснову назвы зыходных вуглевадародаў і дадаючы слова **-амін**. Напрыклад, $CH_3—NH_2$ — метан**амін** (або метыламін), $C_2H_5—NH_2$ — этан**амін** (або этыламін).

У дужках прыведзены назвы па іншай наменклатуры, якія таксама выкарыстоўваюцца ў арганічнай хіміі.

Другасныя аміны ў адпаведнасці з правіламі замяшчальнай наменклатуры ІЮПАК называюць, паказваючы наяўнасць атама азоту сімвалам N і далей пасля дэфіса пералічваючы малодшую, затым старэйшую вуглевадародныя групы і дадаючы назву класа — **-амін**. Напрыклад, $CH_3—NH—C_2H_5$ — N-метылэтыл**амін**.

Для прасцейшага араматычнага аміну $C_6H_5NH_2$ — феніламіну — прымяняюць таксама трывіяльную назву *анілін*, якая прынята і ў наменклатуры ІЮПАК.

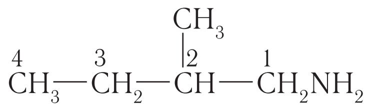
Назвы араматычных амінаў складаюць на аснове першага прадстаўніка рада — аніліну.

Ізамерыя

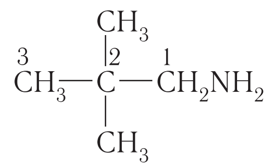
Для амінаў характэрна *структурная ізамерыя*, якая абумоўлена ізамерыяй вуглевадароднага шкілета (ізамерыя ланцуга) і ізамерыяй становішча амінагрупы. Напрыклад, для аміну саставу $C_5H_{11}NH_2$ ізамерыя вуглевадароднага ланцуга паказана ізамерамі:

$$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}NH_2$$

пентанамін-1



2-метылбутанамін-1

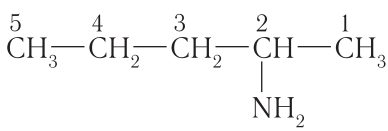


2,2-дыметылпрапанамін-1

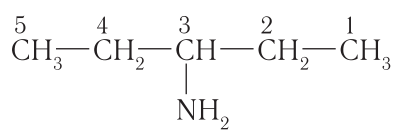
Ізамерыя становішча амінагрупы для аміну, які разглядаецца, паказана ізамерамі:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2NH_2$$

пентанамін-1



пентанамін-2



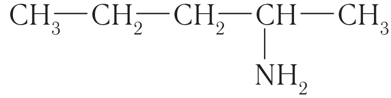
пентанамін-3

Першасныя, другасныя і трацічныя аміны, якія змяшчаюць адзін і той жа лік атамаў вугляроду, ізамерныя паміж сабой. Напрыклад, этыламін $CH_3-CH_2-NH_2$ ізамерны дыметыламіну $(CH_3)_2NH$.

Звярніце ўвагу, што ўсе аміны, якія разглядаюцца, адносяцца да першасных амінаў. Але ў выпадку

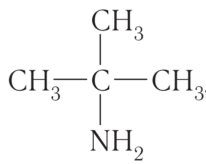
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2NH_2$$

амінагрупа звязана з першасным атамам вугляроду, а ў выпадку



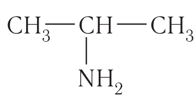
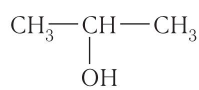
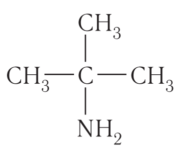
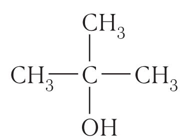
амінагрупа звязана з другасным атамам вугляроду.

У рэчыве, формула якога



амінагрупа звязана з трацічным атамам вугляроду. У гэтым заключаецца адрозненне амінаў ад спіртоў, у якіх сувязь функцыянальнай групы з першасным, другасным або трацічным атамам вугляроду вызначае, якім з’яўляецца спірт: першасным, другасным або трацічным (табл. 32).

Табліца 32. **Параўнанне першасных амінаў і спіртоў**

Клас / Атам вугляроду	Аміны	Спірты
Другасны	 першасны	 другасны
Трацічны	 першасны	 трацічны

Аміны шырока распаўсюджаны ў прыродзе. Многія біялагічна актыўныя рэчывы адносяцца да класа амінаў. Напрыклад, гармоны адрэналін і норадрэналін.

Некаторыя аміны ўтвараюцца ў арганізме чалавека і жывёл. Такія аміны прынята называць *біягеннымі* амінамі.

Амінамі называюцца арганічныя вытворныя аміяку, у якіх адзін, два або тры атамы вадароду замешчаны на вуглевадародныя групы, аднолькавыя або розныя ў выпадку другасных і трацічных амінаў.

Група атамаў —NH_2 у першасных амінаў называецца амінагрупай.

Для амінаў характэрна структурная ізамерыя (ізамерыя вугляроднага ланцуга і становішча амінагрупы).

Пытанні і заданні

1. Якія арганічныя злучэнні адносяцца да класа амінаў?

2. На аснове якіх прымет класіфікуюць аміны?

3. Якая з дадзеных функцыянальных груп уваходзіць у састаў першасных амінаў: —OH, $—NO_2$, —NH—, $—NH_2$, —N═N—?

4. Патлумачце электронную будову малекулы метыламіну.

5. Растлумачце, зыходзячы з электроннай будовы малекулы першаснага аміну, чаму для амінаў не характэрна рэакцыя замяшчэння функцыянальнай групы.

6. З формул рэчываў, якія прыведзены ніжэй, выберыце асобна формулы: а) азотзмяшчальных арганічных злучэнняў; б) першасных амінаў; в) амінаў:

1) CH_3NO_2; 2) $C_2H_5NH_2$; 3) $C_2H_5NO_2$; 4) NH_4NO_3; 5) CH_3CHO; 6) NH_3; 7) CH_3NHCH_3; 8) $(CH_3)_3N$; 9) $C_2H_5—NH—CH_3$.

7. Якія віды ізамерыі характэрны для амінаў? Разгледзьце на прыкладзе $C_4H_9NH_2$.

8. Для рэчываў саставу $C_6H_{15}N$ складзіце структурныя формулы першасных амінаў. Назавіце іх.

9. Метыламін пры нармальных умовах — газападобнае рэчыва. Вызначце аб'ём (у $дм^3$, н. у.) і масу (у грамах) метыламіну, лік малекул якога роўны $1{,}806 \cdot 10^{25}$.

10. Састаўце магчымыя структурныя формулы амінаў, у якіх масавая доля азоту роўна 23,73 %.

§ 52. Уласцівасці, атрыманне і прымяненне амінаў

Аліфатычныя аміны

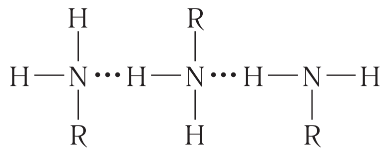
Фізічныя ўласцівасці

Прасцейшыя прадстаўнікі амінаў — метыламін, этыламін, дыметыламін і трыметыламін — газападобныя рэчывы пры звычайных умовах. Сярэднія члены гамалагічнага рада амінаў — вадкасці, вышэйшыя — цвёрдыя рэчывы. Некаторыя звесткі аб фізічных уласцівасцях амінаў паказаны ў табліцы 33.

Табліца 33. **Некаторыя звесткі аб фізічных уласцівасцях амінаў**

Аміны		Растваральнасць у вадзе	Агрэгатны стан (25 °C)	Тэмпература, °C	
формула	назва			кіпення	плаўлення
CH_3NH_2	Метыламін	Растваральны	Газ	−6,5	−92,5
$C_2H_5NH_2$	Этыламін	Неабмежаваная	Газ	16,6	−80,6
$(CH_3)_2NH$	Дыметыламін	Растваральны	Газ	7,5	−96,0
$(CH_3)_3N$	Трыметыламін	Растваральны	Газ	3,0	−117,0
$C_3H_7NH_2$	Прапіламін	Растваральны	Вадкасць	48,7	−83,0
$C_4H_9NH_2$	Бутыламін	Неабмежаваная	Вадкасць	77,8	−50,5

Як вы ведаеце, аміны з'яўляюцца палярнымі злучэннямі таму, што сувязь $\overset{\delta+}{C} \rightarrow \overset{\delta-}{N}$ палярызаваная. Па гэтай прычыне першасныя і другасныя аміны асацыіруюцца ў выніку ўтварэння міжмалекулярных вадародных сувязей:



З-за ўтварэння асацыятаў тэмпература кіпення вадкіх амінаў вышэйшая, чым алканаў з падобнай адноснай малекулярнай масай.

Міжмалекулярныя вадародныя сувязі ў амінаў менш трывалыя, чым у спіртоў, з-за меншай (чым у атама кіслароду) электраадмоўнасці атама азоту. Аміны кіпяць пры больш нізкай тэмпературы, чым спірты, пры адкалькавай адноснай малекулярнай масе.

Напрыклад, тэмпературы кіпення метанолу і этанолу 64,5 °C і 78,4 °C, а тэмпература кіпення метыламіну і этыламіну адпаведна — 6,5 °C і 16,6 °C.

Ніжэйшыя аміны добра раствараюцца ў вадзе, утвараючы з малекуламі вады вадародныя сувязі, хоць з ростам вуглевадароднай групы іх растваральнасць падае. Вышэйшыя аміны ў вадзе не раствараюцца.

Ніжэйшыя аміны валодаюць непрыемным пахам, які нагадвае пах селядцовага расолу, а вышэйшыя аміны або не маюць паху, або пахнуць вельмі слаба.

Упершыню трыметыламін вылучылі ў сярэдзіне XIX ст. з прадуктаў перагонкі селядцовага расолу, і ён атрымаў назву «рыбны газ», паколькі меў характэрны пах рыбы. Трыметыламін удалося вылучыць са слёз чалавека, страўнікавага соку, падстраўнікавай залозы. Гэты амін можа выклікаць у некаторых людзей непрыемны стан, які называецца сіндромам рыбнага паху. Такі хваравіты стан надыходзіць, калі ў арганізме адбываецца некантралюемае бактэрыяльнае раскладанне трыметыламінаксіду. У выніку гэтага ў кішэчніку чалавека адбываецца вылучэнне трыметыламіну, у адрозненне ад здаровых людзей, у якіх амін паглынаецца печанню і ператвараецца ў рэчыва, якое не мае паху.

При гніенні рыбы вылучаецца таксама і дыметыламін, а вышэйшыя аміны ўтвараюцца пры гніенні мяса.

Хімічныя ўласцівасці

Аміны, з'яўляючыся вытворнымі аміяку, як і аміяк, праяўляюць ярка выражаныя асноўныя ўласцівасці, што абумоўлена наяўнасцю непадзеленай электроннай пары ў атама азоту функцыянальнай амінагрупы $-NH_2$, здольнай да ўтварэння хімічнай сувязі па донарна-акцэптарнаму механізму. Менавіта наяўнасць непадзеленай электроннай пары ў атама азоту абумоўлівае ўласцівасці амінаў як арганічных асноў у рэакцыях з вадой, мінеральнымі і арганічнымі кіслотамі.

1) Пры растварэнні амінаў у вадзе ўтвараецца шчолачны раствор, паколькі пры гэтым устанаўліваецца раўнавага сістэмы:

$$\underset{\text{метыламін}}{CH_3\ddot{N}H_2} + H_2O \rightleftarrows \underset{\text{іон метыламонію}}{CH_3\overset{+}{N}H_3} + OH^-$$

2) Пры ўзаемадзеянні з мінеральнымі кіслотамі аміны ператвараюцца ў амоніевыя солі, якія з'яўляюцца дастаткова ўстойлівымі і могуць быць вылучаны як індывідуальныя рэчывы:

$$\underset{\text{метыламін}}{CH_3-NH_2} + HCl \longrightarrow \underset{\text{хларыд метыламонію}}{CH_3-\overset{+}{N}H_3\overset{-}{Cl}}$$

$$\underset{\text{этыламін}}{C_2H_5NH_2} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{гідрасульфат этыламонію}}{C_2H_5\overset{+}{N}H_3H\overset{-}{S}O_4}$$

Пад дзеяннем больш моцнай асновы, чым амін, амоніевыя солі разбураюцца з вызваленнем зыходнага аміну:

$$\underset{\text{гідрасульфат этыламонію}}{C_2H_5\overset{+}{N}H_3H\overset{-}{S}O_4} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{этыламін}}{C_2H_5NH_2} + NaHSO_4 + H_2O$$

У рэакцыях з кіслотамі аміны выступаюць у якасці *арганічных асноў*. Пры гэтым асноўныя ўласцівасці амінаў выражаны мацней, чым у аміяку.

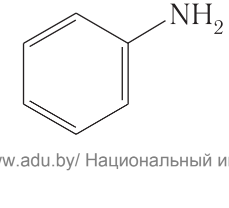
3) Газападобныя аліфатычныя аміны гараць на паветры, утвараючы жоўтае полымя. Прадуктамі рэакцыі з'яўляюцца азот, вуглякіслы газ і вада:

$$4CH_3NH_2 + 9O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 10H_2O + 2N_2$$
$$4C_2H_5NH_2 + 15O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 14H_2O + 2N_2$$

Араматычныя аміны. Анілін

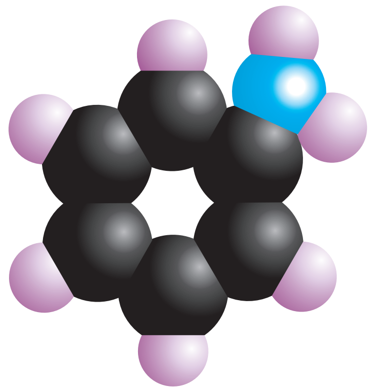
Араматычнымі называюцца аміны, у якіх амінагрупа звязана непасрэдна з атамам вугляроду бензольнага кольца.

Анілін (феніламін) $C_6H_5NH_2$ — прадстаўнік араматычных амінаў, структурная формула якога:



Маштабная мадэль малекулы аніліну прыведзена на малюнку 77.

Анілін — бясколерная маслападобная вадкасць са своеасаблівым пахам, малараставаральная ў вадзе, але добра растваральная ў этаноле і бензоле. Анілін — ядавітае рэчыва, таму доследы з ім, гэтак жа як з бензолам і фенолам, у школьнай хімічнай лабараторыі не праводзяцца.



Мал. 77. Маштабная мадэль малекулы аніліну

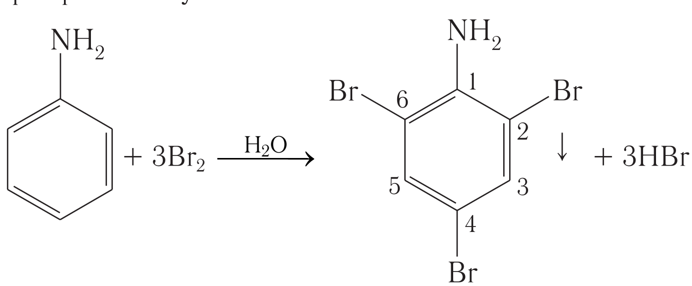
Хімічныя ўласцівасці

1) Узаемадзеянне з кіслотамі. Анілін, як і іншыя аміны, валодае асноўнымі ўласцівасцямі. Ён узаемадзейнічае з кіслотамі, утвараючы солі феніламонію:

$$\underset{\text{анілін}}{C_6H_5NH_2} + HCl \longrightarrow \underset{\text{хларыд феніламонію}}{[C_6H_5\overset{+}{N}H_3]\overset{-}{Cl}}$$

Анілін — больш слабая аснова, чым аліфатычныя аміны. Гэта тлумачыцца наяўнасцю ў яго малекуле бензольнага кольца, якое робіць уплыў на непадзеленую электронную пару атама азоту амінагрупы. Электронная пара атама азоту ўзаемадзейнічае з электронным воблакам бензольнага кольца, што таксама прыводзіць да аслаблення асноўных уласцівасцей аніліну ў параўнанні з асноўнымі ўласцівасцямі метыламіну (уплыў бензольнага кольца).

2) Узаемадзеянне з бромнай вадой. Уплыў груп атамаў $—NH_2$ і $C_6H_5—$ у малекуле аніліну з'яўляецца ўзаемным: амінагрупа актывізуе бензольнае кольца, і анілін, у адрозненне ад бензолу, лёгка брамуецца бромнай вадой (уплыў амінагрупы). Рэакцыя не патрабуе прымянення каталізатара, а замяшчэнне на галаген адбываецца адразу ў трох становішчах (2, 4, 6). Пры гэтым утвараецца белы асадак трыброманіліну:



2,4,6-трыброманілін

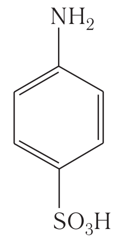
Рэакцыю брамавання выкарыстоўваюць для выяўлення аніліну, таму што яна праходзіць колькасна. Трыброманілін, які ўтвараецца, дрэнна раствараецца ў вадзе і выпадае ў асадак.

У рэакцыі аніліну з хларангідрыдам воцатнай кіслаты атрымліваюць рэчыва *ацэтанілід*. Ацэтанілід з'яўляецца адным з першых сінтэтычных гарачкапаніжальных сродкаў, якія выкарыстоўваюцца ў медыцынскай практыцы:

$$C_6H_5-NH-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$$

ацэтанілід

У рэакцыі аніліну з сернай кіслатой утвараецца рэчыва, якое часта называецца *сульфанілавай кіслатой*:



сульфанілавая кіслата

Яно з'яўляецца важным прамежкавым прадуктам у сінтэзе лекавых рэчываў і фарбавальнікаў.

3) Пры працяглым уздзеянні паветра анілін акісляецца, пры гэтым набывае чырвона-бурую афарбоўку.

<u>*Атрыманне амінаў*</u>

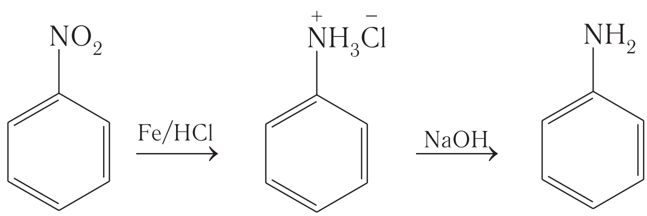
У *лабараторыі* першасныя аміны атрымліваюцца аднаўленнем нітразлучэнняў вадародам у прысутнасці нікелевага каталізатара:

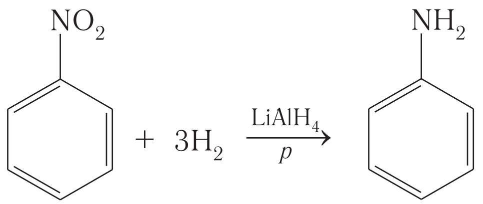
$$CH_3NO_2 + 3H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3NH_2 + 2H_2O$$

У *прамысловасці* метыламін і этыламін атрымліваюць у рэакцыі спірту і аміяку пад ціскам над паверхняй каталізатара:

$$\underset{\text{метанол}}{CH_3OH} + NH_3 \xrightarrow[p,\ t]{Al_2O_3} \underset{\text{метыламін}}{CH_3NH_2} + H_2O$$

Анілін у лабараторыі атрымліваюць аднаўленнем нітрабензолу жалезам у прысутнасці салянай кіслаты, у прамысловасці — гідрыраваннем пад ціскам у прысутнасці каталізатараў $LiAlH_4$, $NaBH_4$:





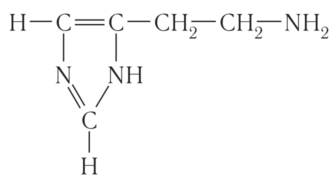
Упершыню сінтэтычны анілін быў атрыманы аднаўленнем нітрабензолу рускім вучоным М. М. З і н і н ы м у сярэдзіне XIX ст. Дадзеная рэакцыя вядомая як *рэакцыя Зініна*.

<u>*Прымяненне амінаў*</u>

Аміны знаходзяць шырокае прымяненне ў розных галінах прамысловай вытворчасці (мал. 78).

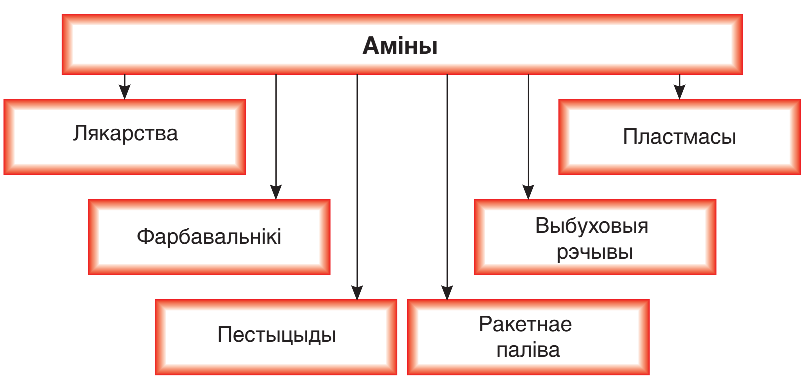
Анілін і некаторыя іншыя аміны выкарыстоўваюцца для сінтэзу фарбавальнікаў, лекавых і выбуховых рэчываў.

У фармацэўтычнай прамысловасці на аснове амінаў вырабляюць *антыгістамінныя прэпараты*, добра вядомыя многім людзям, якія пакутуюць на алергію. Дзеянне антыгістамінных сродкаў накіравана на «нейтралізацыю» *гістаміну* — рэчыва, якое ўзмоцнена выдзяляецца ў арганізме пры некаторых алергічных станах:



гістамін

Аміны і іх вытворныя прымяняюцца для вытворчасці лекавых сродкаў, у касметычнай, харчовай, палімернай, нафтахімічнай прамысловасці, некаторыя аміны выкарыстоўваюца ў якасці дабавак да палімераў і г. д.



Мал. 78. Прымяненне амінаў

Аміны праяўляюць асноўныя ўласцівасці ў рэакцыях з неарганічнымі і арганічнымі кіслотамі.

Атрымліваюць аміны з нітразлучэнняў, спіртоў.

Аміны і іх вытворныя знаходзяць шырокае прымяненне ў вытворчасці фарбавальнікаў, лекавых і выбуховых рэчываў.

Пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце фізічныя ўласцівасці аліфатычных амінаў.

2. Чым тлумачыцца адрозненне тэмператур кіпення першасных аліфатычных амінаў і алканаў з прыкладна аднолькавымі малярнымі масамі?

3. Чым тлумачыцца праяўленне амінамі ярка выражаных асноўных уласцівасцей?

4. Састаўце ўраўненні рэакцый, якія пацвярджаюць асноўныя ўласцівасці этыламіну і аніліну.

5. Размясціце ў парадку ўзрастання асноўных уласцівасцей рэчывы: аміяк, анілін і метыламін. Матывуйце сваё рашэнне.

6. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя пераўтварэнні:

а) $CH_4 \longrightarrow CH_3Cl \longrightarrow CH_3OH \longrightarrow CH_3NH_2 \longrightarrow N_2$;

б) $C_2H_4 \longrightarrow C_2H_5Cl \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5NH_2 \longrightarrow C_2H_5{-}NH_3HSO_4$;

в) $C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5NO_2 \longrightarrow C_6H_5NH_2 \longrightarrow C_6H_2Br_3NH_2$.

7. У дзвюх парах прабірак знаходзяцца наступныя рэчывы: а) растворы метыламіну і воцатнай кіслаты ў вадзе; б) растворы бензолу і аніліну ў этаноле. Прапануйце спосаб вызначэння дадзеных рэчываў.

8. Вызначце масу прадукту (у грамах) у рэакцыі метыламіну з хлоравадародам аб'ёмам (н. у.) 33,6 $дм^3$.

9. Пры згаранні метыламіну хімічнай колькасцю 10 моль утварыліся газападобныя рэчывы хімічнай колькасцю 15 моль. Вызначце аб'ёмныя долі (у %) кожнага з іх у сумесі газаў, якая ўтварылася, пасля прывядзення яе да нармальных умоў.

10. Вызначце малекулярную формулу першаснага аліфатычнага аміну, у якім масавая доля азоту роўна 19,18 %.

§ 53. Амінакіслоты

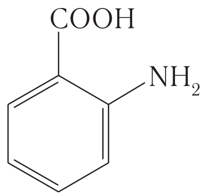
Будова

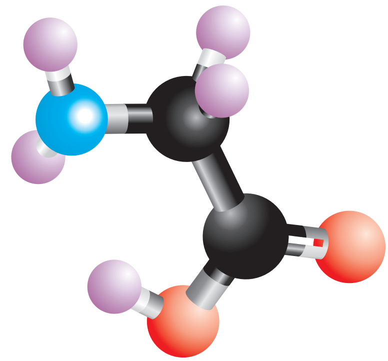
Амінакіслоты — гэта арганічныя злучэнні, у састаў малекул якіх уваходзяць карбаксільная група —COOH і амінагрупа $—NH_2$.

У залежнасці ад будовы вуглевадароднага ланцуга адрозніваюць амінакіслоты *аліфатычныя*:

$$H_2N{-}CH_2{-}COOH$$

і *араматычныя*:





Мал. 79. Шараастрыжнёвая мадэль малекулы амінавоцатнай кіслаты

Амінакіслоты падраздзяляюцца на *прыродныя* і *сінтэтычныя*. Да прыродных адносяць амінакіслоты, выяўленыя ў жывых арганізмах. Іх налічваюць прыкладна 150, з якіх каля 20 уваходзяць у састаў бялкоў у выглядзе амінакіслотных астаткаў.

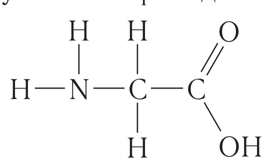
У дадзеным курсе вы будзеце ў асноўным разглядаць састаў, будову і ўласцівасці амінакіслот, якія ўтвараюць малекулы бялкоў. Гэтыя амінакіслоты пераважна адносяцца да α-*амінакіслот*. Так называюцца амінакіслоты, у якіх карбаксільная група —COOH і амінагрупа $—NH_2$ злучаны з адным і тым жа атамам вугляроду. Напрыклад:

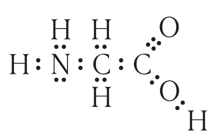
$$CH_3—\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}—COOH \text{ — α- амінакіслата.}$$

Хімічная будова α-амінакіслот выражаецца **агульнай формулай**:

$$\mathbf{R—\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}—COOH}$$

Прасцейшым прадстаўніком α-амінакіслот з'яўляецца *амінавоцатная кіслата* $CH_2(NH_2)COOH$ (або *2-амінаэтанавая кіслата*, або *гліцын*), структурная і электронная формулы якой прыведзены ніжэй:

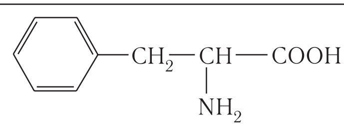
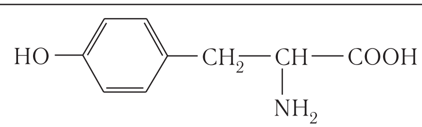




Шараастрыжнёвая мадэль малекулы амінавоцатнай кіслаты прыведзена на малюнку 79.

Прыклады некаторых прыродных амінакіслот, якія ўваходзяць у састаў бялкоў, і іх трывіяльныя назвы дадзены ў табліцы 34. У графе 2 дадзенай табліцы (у азнаямляльным плане) прыведзены ўмоўныя трохлітарныя абазначэнні, утвораныя ад англійскіх назваў амінакіслот. Такія абазначэнні прынята выкарыстоўваць у біялогіі і біяхіміі пры вывучэнні саставу і будовы бялкоў.

Табліца 34. **Некаторыя прадстаўнікі α-амінакіслот**

Назва (трывіяльная)	Скарочанае абазначэнне	Структурная формула
Гліцын	Gly	H_2N-CH_2-COOH
Аланін	Ala	$H_3C-CH(NH_2)-COOH$
Серын	Ser	$CH_2(OH)-CH(NH_2)-COOH$
Цыстэін*	Cys	$CH_2(SH)-CH(NH_2)-COOH$
Валін*	Val	$CH_3-CH(CH_3)-CH(NH_2)-COOH$
Фенілаланін*	Phe	
Тыразін	Tyr	
Лізін*	Lys	$H_2N-(CH_2)_4-CH(NH_2)-COOH$
Глутамінавая кіслата	Glu	$HOOC-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH$

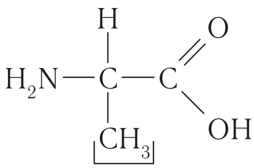
Арганізм чалавека не здольны сінтэзаваць дзесяць з дваццаці амінакіслот, астаткі якіх уваходзяць у састаў уласных бялкоў. Гэтыя кіслоты называюцца *незаменнымі*. Яны павінны паступаць у арганізм чалавека разам з ежай. Значком * у табліцы 34 адзначаны чатыры з дзесяці незаменных для чалавека амінакіслот.

Звяртаем вашу ўвагу, што формулы амінакіслот дадзены ў азнаямляльным плане і не патрабуюць запамінання.

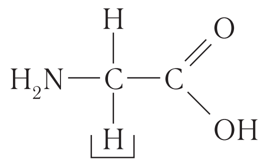
<u>Класіфікацыя</u>

У аснове класіфікацыі α-амінакіслот ляжаць уласцівасці бакавой групы — замяшчальніка R (гл. агульную формулу α-амінакіслот). Гэты замяшчальнік можа мець нейтральную, асноўную або кіслотную прыроду.

Напрыклад, амінакіслоты з непалярнымі бакавымі групамі R (нейтральная прырода замяшчальніка):

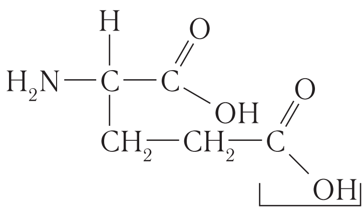


аланін



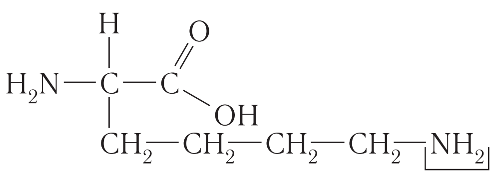
гліцын

Амінакіслоты з кіслотнымі бакавымі групамі R. Напрыклад:



глутамінавая кіслата

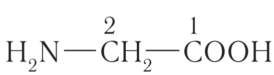
Амінакіслоты з асноўнымі бакавымі групамі R. Напрыклад:



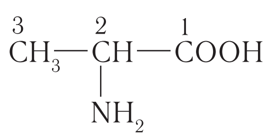
лізін

<u>*Наменклатура і ізамерыя*</u>

Па сістэматычнай наменклатуры ІЮПАК назвы амінакіслот утвараюцца ад назваў адпаведных карбонавых кіслот з дадаваннем прэфікса **аміна-**, а нумарацыя атамаў вугляроду ўтвараецца, пачынаючы з атама вугляроду карбаксільнай групы:

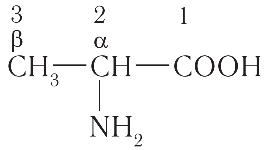


2-**аміна**этанавая кіслата
(гліцын)

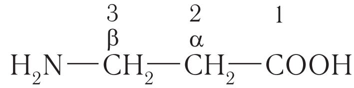


2-**аміна**прапанавая кіслата
(аланін)

Узаемнае размяшчэнне ў вугляродным ланцугу абедзвюх функцыянальных груп звычайна абазначаюць лічбамі, а ў некаторых выпадках — літарамі грэчаскага алфавіта α (альфа), β (бэта), γ (гама) і г. д. Грэчаская літара пры атаме вугляроду абазначае яго аддаленасць ад карбаксільнай групы.

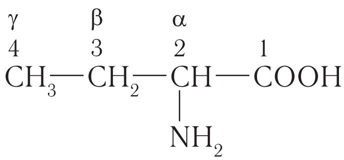
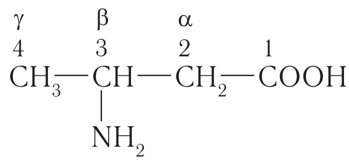
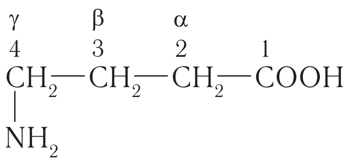
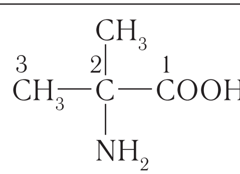


α-амінапрапанавая кіслата
(2-амінапрапанавая кіслата)



β-амінапрапанавая кіслата
(3-амінапрапанавая кіслата)

Структурная ізамерыя амінакіслот абумоўлена ўзаемным размяшчэннем амінагрупы і карбаксільнай групы ў адкрытым вугляродным ланцугу і рознай будовай вугляроднага ланцуга. Напрыклад, 2-амінабутанавая, 3-амінабутанавая, 4-амінабутанавая і 2-аміна-2-метылпрапанавая кіслоты — ізамеры амінакіслот саставу $C_4H_9O_2N$:

 2-амінабутанавая кіслата (α-амінабутанавая кіслата)	 3-амінабутанавая кіслата (β-амінабутанавая кіслата)
 4-амінабутанавая кіслата (γ-амінабутанавая кіслата)	 2-аміна-2-метылпрапанавая кіслата

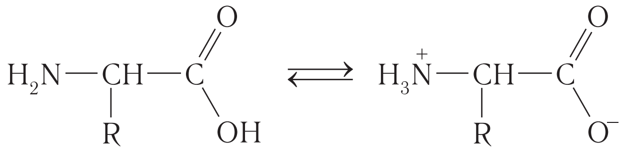
Фізічныя ўласцівасці

Амінакіслоты — бясколерныя крышталічныя рэчывы, якія добра раствараюцца ў вадзе і мала раствараюцца ў арганічных (непалярных) растваральніках. Яны бываюць саладкаватыя і гаркаватыя на смак або нясмачныя.

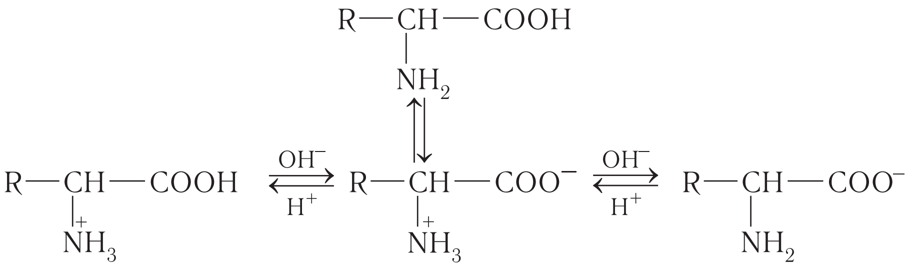
Амінакіслоты добра крышталізуюцца, маюць высокую шчыльнасць і высокія тэмпературы плаўлення, напрыклад для серыну тэмпература плаўлення — 253 °C, для лейцыну — 337 °C.

Хімічныя ўласцівасці

Паколькі ў састаў малекул α-амінакіслот уваходзяць дзве розныя функцыянальныя групы: карбаксільная (кіслотная) і амінагрупа (асноўная), то яны валодаюць *амфатэрнымі ўласцівасцямі* і існуюць у растворах у выглядзе *біпалярных іонаў*:



У водным растворы нейтральных амінакіслот, напрыклад такіх, як гліцын або аланін, у залежнасці ад рэакцыі асяроддзя могуць змяшчацца наступныя формы:



pH < 7 біпалярны іон pH > 7

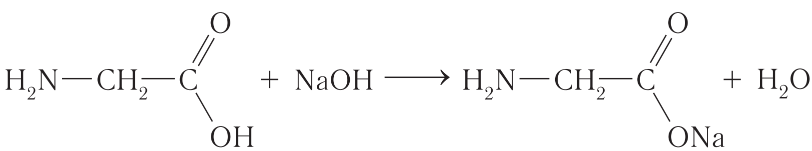
У кіслым асяроддзі біпалярны іон паводзіць сябе як аснова, г. зн. далучае пратон, а ў шчолачным асяроддзі — як кіслата.

У выніку аднаго і другога працэсу ўтвараюцца солі, хоць і рознага саставу.

Разгледзім хімічныя ўласцівасці α-амінакіслот на прыкладзе гліцыну (амінавоцатнай кіслаты).

1) Рэакцыі па карбаксільнай групе

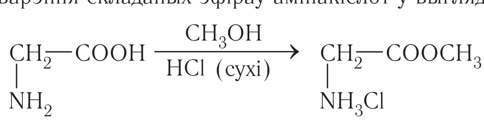
Карбаксільная група —COOH вызначае кіслотныя ўласцівасці амінакіслот. Яны ўзаемадзейнічаюць са шчолачамі з утварэннем солей:

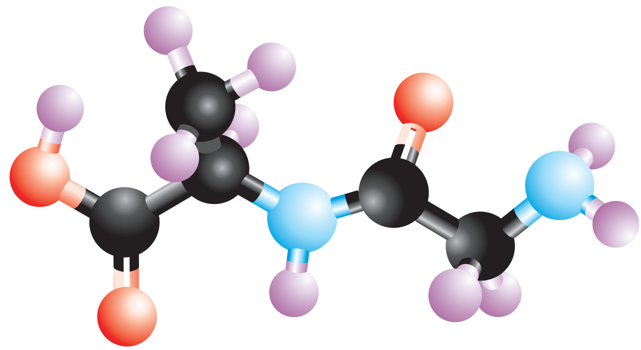


амінавоцатная кіслата (гліцын) натрыевая соль амінавоцатнай кіслаты

Для амінакіслот, амінагрупа якіх абаронена солеўтварэннем, рэакцыі па карбаксільнай групе адбываюцца аналагічна ператварэнням карбонавых кіслот. Амінакіслоты лёгка ўтвараюць солі, складаныя эфіры.

Напрыклад, рэакцыя амінакіслот са спіртамі ў прысутнасці сухога хлоравадароду (HCl) прыводзіць да ўтварэння складаных эфіраў амінакіслот у выглядзе солі па амінагрупе:

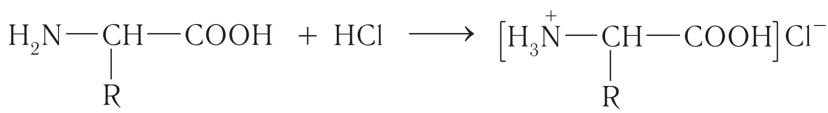




Мал. 80. Шарастружнёвая мадэль малекулы дыпептыду

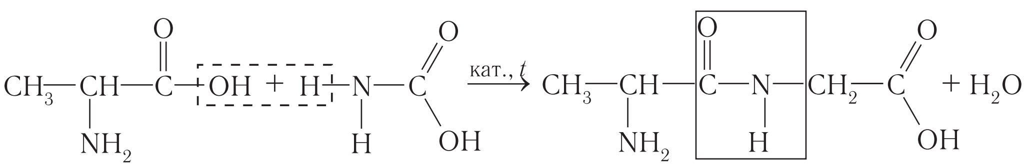
2) Рэакцыя амінагрупы

Рэакцыі амінагрупы амінакіслот аналагічныя ператварэнням амінаў. Амінакіслоты ўтвараюць солі з мінеральнымі кіслотамі:



3) Утварэнне пептыдаў

Важнейшая ўласцівасць амінакіслот — іх здольнасць узаемадзейнічаць адна з адной з утварэннем *пептыдаў* (мал. 80). У рэакцыю малекулярнай кандэнсацыі могуць уступаць малекулы як адной і той жа, так і розных амінакіслот. Ніжэй прыведзена схема ўтварэння аднаго з чатырох магчымых *дыпептыдаў* з такіх амінакіслот, як аланін і гліцын:



аланін гліцын пептыдная (амідная) група
аланілгліцын

Дыпептыды характарызуюцца наяўнасцю *пептыднай* (*амiднай*) групы $-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}-$,
і сувязь паміж атамамі вугляроду і азоту ў дадзеным выпадку называецца **пептыднай**.

Малекула дыпептыду, гэтак жа як і амінакіслоты, змяшчае амінагрупу і карбаксільную групу. Таму яна можа рэагаваць яшчэ з адной малекулай амінакіслаты з утварэннем *трыпептыду*. У працэсе далейшай рэакцыі могуць быць атрыманы *тэтра-, пентапептыды* і г. д., амаль да ўтварэння *поліпептыду*.

Прыроднымі поліпептыдамі з'яўляюцца бялкі, у састаў якіх уваходзяць амінакіслотныя астаткі розных α-амінакіслот.

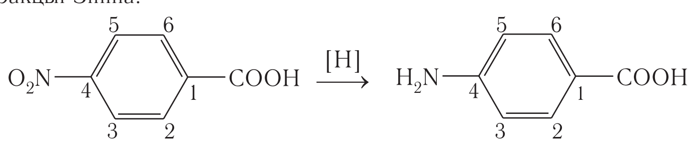
Большасць поліпептыдаў з'яўляюцца біялагічна актыўнымі рэчывамі. Так, трыпептыд *глутатыён* адносіцца да групы гармонаў, адказных за дэтаксікацыю чужародных злучэнняў у арганізме чалавека. У састаў гэтага гармону ўваходзяць астаткі аланіну, цыстэіну і глутамінавай кіслаты. Гармон *аксітацын* — нонапептыд, які выклікае скарачэнне гладкіх мышцаў, змяшчае астаткі дзевяці амінакіслот.

Атрыманне

α-Амінакіслоты атрымліваюць з α-галагензамешчаных карбонавых кіслот пры іх узаемадзеянні з аміякам. Пры гэтым галаген замяшчаецца на амінагрупу:

$$\underset{\text{хлорвоцатная кіслата}}{CH_2(Cl)COOH} + 2NH_3 \longrightarrow \underset{\text{амінавоцатная кіслата}}{H_2NCH_2COOH} + NH_4Cl$$

Араматычныя амінакіслоты атрымліваюць пры аднаўленні нітравытворных араматычных кіслот па рэакцыі Зініна:



4-нітрабензойная кіслата → 4-амінабензойная кіслата

Гідролізам бялкоў атрымліваюць сумесь амінакіслот.

Амінакіслоты — гэта арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць у саставе малекул дзве розныя функцыянальныя групы: карбаксільную групу з кіслотнымі ўласцівасцямі і амінагрупу з асноўнымі ўласцівасцямі. Таму амінакіслоты ўзаемадзейнічаюць як з асновамі, так і з кіслотамі, і з'яўляюцца амфатэрнымі рэчывамі.

Амінакіслоты ўзаемадзейнічаюць адна з адной, утвараючы пептыды з розным лікам астаткаў амінакіслот, амаль да ўтварэння поліпептыдаў.

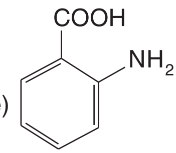
Амінакіслоты і іх вытворныя маюць важнейшае біялагічнае значэнне для жыццядзейнасці чалавека.

Пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце будову амінакіслот.
2. Прывядзіце агульную формулу α-амінакіслот.
3. Назавіце правілы называння амінакіслот па замяшчальнай наменклатуры.
4. Чым абумоўлена ізамерыя монаамінамонакарбонавых амінакіслот? Прывядзіце прыклады, назавіце рэчывы.

5. Выберыце формулы амінакіслот:

а) $C_2H_5NO_2$ б) $C_2H_5-CH(NH_2)-COOH$ в) CH_3NH_2 г) $C_6H_5NO_2$

д) $C_{17}H_{35}COOH$ е)  ж) $CH_2(NH_2)CH_2OH$

6. Састаўце ўраўненні рэакцый амінавоцатнай кіслаты і α-амінапрапанавай кіслаты з наступнымі рэчывамі: а) салянай кіслатой; б) гідраксідам калію; в) этанолам.

7. У чым заключаецца асаблівасць праяўлення амінакіслотамі амфатэрных уласцівасцей у параўнанні з неарганічнымі рэчывамі?

8. Якая хімічная сувязь называецца пептыднай сувяззю? Прывядзіце прыклад утварэння ды- і трыпептыдаў.

9. Складзіце структурныя формулы чатырох розных дыпепдытаў, якія можна атрымаць з амінавоцатнай і α-амінапрапанавай кіслот.

10. Вызначце малекулярную формулу азотзмяшчальнага рэчыва і, калі магчыма, складзіце структурную формулу, ведаючы, што масавыя долі элементаў у ім наступныя (у %): C — 32,0; O — 42,7; H — 6,7.

11. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $CH_3-CH_2OH \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_2(Cl)COOH \longrightarrow CH_2(NH_2)COOH$;

б) бутан $\longrightarrow$ воцатная кіслата $\longrightarrow$ хлорвоцатная кіслата $\longrightarrow$ амінавоцатная кіслата $\longrightarrow$ $\longrightarrow$ гліцылаланін.

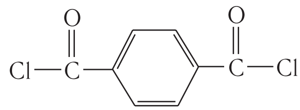
12. Для рэакцыі з амінавоцатнай кіслатой масай 161,25 г быў узяты раствор гідраксіду калію з масавай доляй шчолачы 35 % (шчыльнасць 1,341 г/см^3). Рэакцыя адбывалася з выхадам прадукту, роўным 88,4 %. Вызначце аб'ём раствору шчолачы, затрачанага ў рэакцыі.

§ 54. Поліамідныя валокны. Капрон

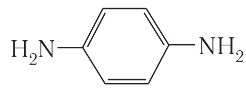
Як вам вядома, некаторыя высокамалекулярныя злучэнні могуць выкарыстоўвацца для атрымання хімічных валокнаў — штучных і сінтэтычных (гл. мал. 65).

Штучныя валокны, напрыклад ацэтатныя, атрымліваюць на аснове прыродных высокамалекулярных злучэнняў, галоўным чынам цэлюлозы. Сінтэтычныя валокны атрымліваюць з сінтэтычных высокамалекулярных злучэнняў. Да групы сінтэтычных валокнаў адносяцца і поліамідныя — *капрон* і *найлон*.

!? Да поліамідных валокнаў адносіцца таксама *кеўлар,* які ўтвараецца з дыхлорангідрыду тэрафталевай кіслоты:



і *n*-фенілендыаміну:



Ён знаходзіць прымяненне пры вырабе куленепрабівальных жылетаў, звышлёгкіх лятальных апаратаў і г. д. Трываласць кеўлару ў 5 разоў вышэйшая за трываласць сталі і ў 10 разоў вышэйшая за трываласць алюмінію (на адну масу).

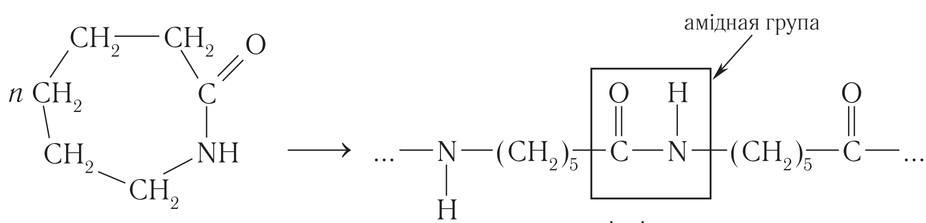
<u>*Капрон*</u>

Палімер, з якога атрымліваюць валакно **капрон**, утвараецца шляхам рэакцыі палікандэнсацыі ε-амінакапронавай (6-амінагексанавай) кіслаты:

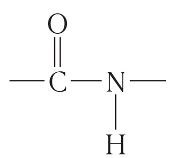
$$nH_2N-(CH_2)_5-COOH \longrightarrow \left(-NH-(CH_2)_5-CO-\right)_n + (n-1)H_2O$$

ε-амінакапронавая кіслата — палімер

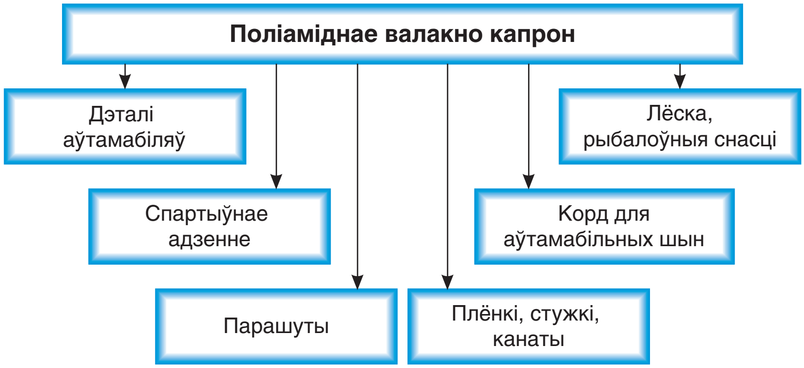
Палімер капрон таксама атрымліваецца ў выніку полімерызацыі ε-капралактаму:



капралактам — поліамід капрон

Макрамалекулы капрону змяшчаюць астаткі ε-амінакапронавай кіслаты, звязаныя *амiднымi групамi*  (у бялках такую групу прынята называць пептыднай). Таму капрон адносяць да групы поліамідных валокнаў. Макрамалекулы капрону маюць лінейную структуру.

Палімер уяўляе сабой смалу, з расплаву якой фармуюць валокны гэтак жа, як і поліэфірнае валакно лаўсан. Капронавыя валокны выцягваюць, пасля чаго яны становяцца высокатрывалымі.

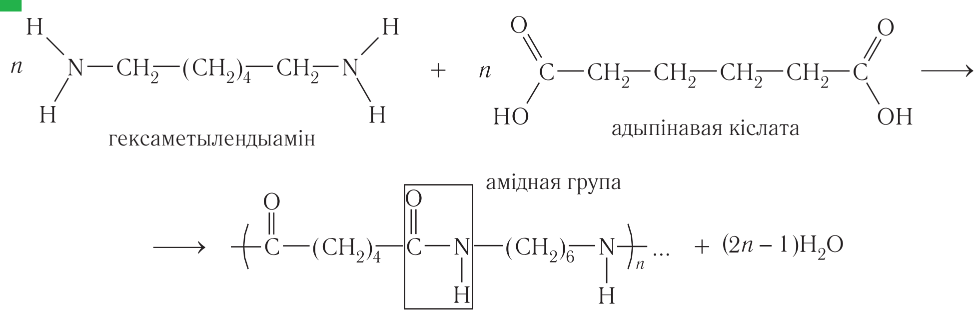


Мал. 81. Прымяненне капрону

Уласцівасці валакна капрон. Прымяненне

Капронавыя валокны адрозніваюцца высокай трываласцю, устойлівасцю да сцірання, не ўсмоктваюць вільгаць. Таму яны прымяняюцца для атрымання розных відаў тканін, з якіх вырабляюць адзенне, штучны мех, дывановыя вырабы, кордавую тканіну. З капронавай смалы атрымліваюць пластмасы для вырабу розных дэталей машын і іншых прадметаў (мал. 81).

Да поліамідных валокнаў адносіцца **найлон-6,6**. Поліамід найлон-6,6 атрымліваюць полікандэнсацыяй гексаметылендыяміну і адыпінавай кіслаты:



поліамід найлон-6,6

Капрон — хімічнае сінтэтычнае поліаміднае валакно.

Капрон атрымліваюць хімічным метадам у працэсе рэакцый полікандэнсацыі.

У структуры макрамалекул поліамідных палімераў змяшчаюцца амідныя групы **.**

Пытанні і заданні

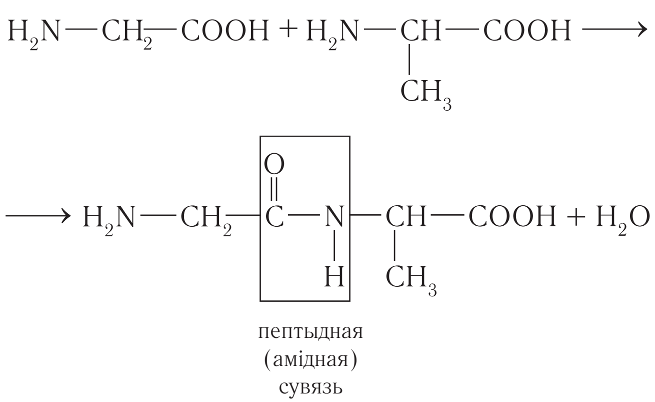
1. Растлумачце, чым адрозніваюцца штучныя валокны ад сінтэтычных.
2. Да якой групы валокнаў адносіцца капронавае валакно?
3. Якім хімічным метадам атрымліваюць валакно капрон, валакно найлон?
4. Назавіце, што агульнае ў будове макрамалекулы капрону і малекулы трыпептыду ε-амінакапронавай кіслаты.
5. Састаўце ўраўненне рэакцыі сінтэзу поліаміднага валакна капрон.
6. Растлумачце, на аснове якой прыметы поліэфірнае валакно лаўсан і поліаміднае валакно капрон адносяць да адной групы сінтэтычных валокнаў.
7. Назавіце, што агульнае ў будове макрамалекулы капрону і малекулы гліцылаланіну.
8. Дзе прымяняецца поліаміднае валакно капрон?
9. На вытворчасць капрону была зрасходавана ε-амінакапронавая кіслата масай 2489 кг. У выніку быў атрыманы палімер масай 2165 кг. Вызначце выхад прадукту рэакцыі.
10. Для атрымання поліаміду найлон-6,6 быў узяты гексаметылендыамін масай 2320 кг і адыпінавая кіслата масай 3504 кг. У выніку на вытворчасці атрымалі палімер з выхадам прадукту 96 %. Вызначце масу атрыманага поліаміду найлон-6,6.

§ 55. Бялкі

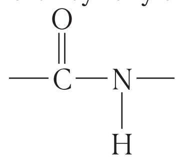
Будова

Бялкі — гэта высокамалекулярныя прыродныя палімеры, пабудаваныя з астаткаў α-амінакіслот.

Практычна ўсе бялкі пабудаваныя з 20 відаў α-амінакіслот, сувязь паміж якімі ажыццяўляецца за кошт карбаксільнай групы адной амінакіслаты і амінагрупы другой амінакіслаты:



У бялковых малекулах сувязь паміж астаткамі амінакіслот (групай >C=O адной кіслаты і групай >NH другой амінакіслаты) з’яўляецца аміднай сувяззю. У хіміі пептыдаў і бялкоў такую сувязь, як правіла, называюць *пептыднай сувяззю*,

а група атамаў  называецца *пептыднай групай*.

З π-электронамі сувязі карбанільнай групы ўступае ў спалучэнне непадзеленая пара электронаў атама азоту. У выніку такога спалучэння электронная шчыльнасць зрушваецца ў бок атама кіслароду як больш электраадмоўнага атама. У гэтым выпадку сувязь азот—вуглярод у пэўнай ступені носіць характар двайной сувязі і карацейшая за звычайную сувязь вуглярод—азот. Пры гэтым падоўжваецца сувязь вуглярод—кісларод. У выніку такога ўзаемадзеяння больш цяжкім робіцца свабоднае вярчэнне вакол пептыднай сувязі, а пептыдная (амідная) група атамаў набывае плоскую будову.

Бялковая малекула можа змяшчаць ад адной да некалькіх соцень, а часам і больш за тысячу амінакіслотных астаткаў, таму адносныя малекулярныя масы бялкоў могуць складаць ад некалькіх дзесяткаў тысяч да многіх мільёнаў.

Малекулы многіх бялкоў маюць не толькі значныя адносныя малекулярныя масы, але і вялікія памеры (табл. 35).

Табліца 35. **Адносныя малекулярныя масы і памеры малекул некаторых бялкаў**

Назва бялка	Адносная малекулярная маса	Памер, нм
β-Ліпапратэід сываратачны	1 300 000	18,5 × 18,5
Калаген	350 000	1,4 × 300
γ-Глабулін сываратачны	300 000	4,4 × 28,5
Фібрынаген	450 000	4,70
Пепсін	35 000	3,7 × 7,4
Рыбануклеаза	13 000	2,9 × 4,5

Вялікі ўклад у вывучэнне будовы і абмену бялкоў унёс рускі вучоны А. Я. Данілеўскі.

Бялкі — вельмі складаныя арганічныя ўтварэнні. З дапамогай спецыяльных метадаў было ўстаноўлена, што існуюць чатыры ўзроўні арганізацыі бялковых малекул: *першасная, другасная, трацічная* і *чацвярцічная* структуры малекулы бялку.

Кожны індывідуальны бялок мае сваю строгую паслядоўнасць амінакіслотных астаткаў. Паслядоўнасць амінакіслотных астаткаў у лінейным поліпептыдным ланцугу называюць **першаснай структурай** малекулы бялку. Такая структура вызначае парадак паўтаральнасці амінакіслотных астаткаў і выражае хімічную будову бялкоў, напрыклад:

$$H_2N—Gly—Ala—Phe—Glu—Cys—COOH$$

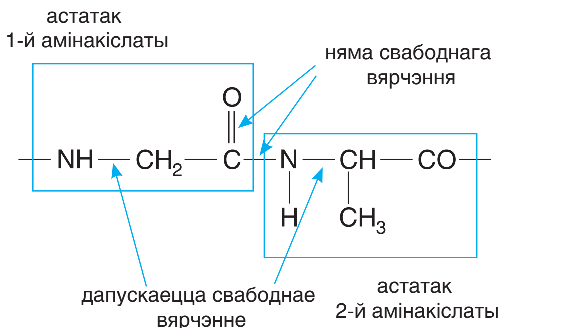
Паняцце «другасная структура» адносіцца да ўстойлівага прасторавага ізамера (канфармацыі), утворанага з поліпептыднага ланцуга. Нягледзячы на плоскую цвёрдую структуру пептыднай сувязі, у поліпептыдным ланцугу ёсць месцы, якія дапускаюць свабоднае вярчэнне вакол адзінарных сувязей (мал. 82).

Дзякуючы гэтаму поліпептыдны ланцуг можа існаваць у выглядзе ўстойлівага прасторавага ізамера, які нагадвае па форме спіраль. Такая структура бялку разглядаецца як **другасная** (мал. 83).

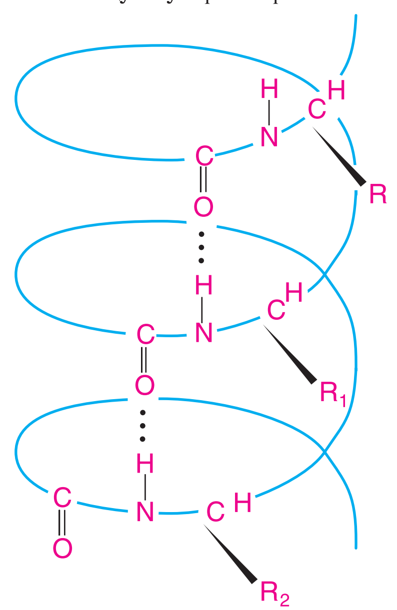
Устойлівасць структуры падтрымліваецца ўтварэннем вадародных сувязей паміж групамі —NH— і $\rangle C{=}O$, накіраванымі ўздоўж восі спіралі. У адным вітку спіралі знаходзіцца каля чатырох астаткаў амінакіслот. Значыць, малекулы бялкоў характарызуюцца таксама спосабам укладання ланцуга ў прасторы.

У расшыфроўцы двугаснай структуры бялкоў прымалі ўдзел многія выдатныя вучоныя, сярод якіх вылучаецца амерыканскі хімік Л. П о л і н г.

Існаванне спіральнай структуры пацверджана даследаваннямі бялкоў мышцаў, валасоў і ногцяў. Былі прапанаваны і іншыя другасныя структуры бялковых малекул.



Мал. 82. Мадэль ўчастка поліпептыднага ланцуга



Мал. 83. Схематычны паказ другаснай структуры бялку

Лайнус Карл Полінг
(1901—1994)

Амерыканскі хімік. Адзін з аўтараў мадэлі альфа-спіралі малекулы бялку. Нобелеўскі лаўрэат (1954) за даследаванне прыроды хімічнай сувязі. Нобелеўскі лаўрэат прэміі Міру (1962) за ўклад у барацьбу супраць атмасферных выпрабаванняў ядзернай зброі.

У працэсе закручвання поліпептыднага ланцуга ў спіраль функцыянальныя групы —SH, —OH, —NH_2, —COOH могуць строга пэўным спосабам узаемадзейнічаць паміж сабой з утварэннем дысульфідных —S—S—, складанаэфірных і іншых мосцікаў. Акрамя таго, паміж карбанільнымі і амінагрупамі, а таксама з удзелам абедзвюх груп і малекул вады ўзнікаюць вадародныя сувязі. У выніку гэтага спіраль быццам бы выгінаецца, адбываецца стабілізацыя структуры, якая па форме нагадвае клубок. Такая структура называецца **трацічнай** (мал. 84). Менавіта яна абумоўлівае спецыфічную біялагічную актыўнасць бялковай малекулы.

Калі ў састаў бялку ўваходзіць не адзін поліпептыдны ланцуг, а некалькі, узнікае **чацвярцічная** структура. Такая структура адлюстроўвае спосаб аб'яднання і размяшчэння ў прасторы некалькіх звязаных паміж сабой вадароднымі сувязямі поліпептыдных ланцугоў.

Прыкладам такога складанага комплексу з'яўляецца бялок *гемаглабін*.

Мал. 84. Схематычны паказ трацічнай структуры бялку

Па хімічнай будове бялкі падзяляюцца на *простыя* (*пратэіны*), якія складаюцца толькі з рэшткаў α-амінакіслот, і *складаныя* (*пратэіды*), якія змяшчаюць іоны металаў, вугляводы, ліпіды, гетэрацыклічныя злучэнні і іншыя неамінакіслотныя кампаненты.

Бялкі ў прыродзе

Бялкі шырока распаўсюджаны ў прыродзе і выконваюць важнейшыя функцыі ў забеспячэнні жыццядзейнасці ўсяго жывога на Зямлі.

У жывым арганізме адбываюцца тысячы хімічных рэакцый, і ўсе яны ажыццяўляюцца ў прысутнасці каталізатараў — *ферментаў*. Усе ферменты ўяўляюць сабой бялковыя малекулы. Адной з важнейшых функцый ферментаў з'яўляецца іх здольнасць паскараць хімічныя рэакцыі ў мільёны разоў.

Другой важнай функцыяй бялкоў з'яўляецца вызначэнне механахімічных працэсаў у жывым арганізме, у выніку іх хімічная энергія ежы ператвараецца ў неабходную для рухаў арганізма механічную энергію.

Важнейшую ролю ў жыццядзейнасці ўсяго жывога адыгрываюць комплексы бялкоў з нуклеінавымі кіслотамі — **нуклеапратэіды**. З іх складаюцца *храмасомы*, у якіх закадзіравана інфармацыя аб спадчыннасці арганізма, і *рыбасомы,* дзе адбываецца сінтэз бялковых малекул.

Бялкі ўваходзяць у састаў комплексаў, якія рэгулююць абмен рэчываў у арганізме, работу мышцаў, залоз унутранай сакрэцыі і г. д.

На долю бялкоў прыпадае каля 50 % сухой масы арганічных злучэнняў жывёльнай клеткі. Аснову касцявой і злучальнай тканак чалавека і жывёл, а таксама аснову шэрсці, рагавых утварэнняў у жывёл складаюць бялкі.

Бялкі — высокамалекулярныя прыродныя палімеры, пабудаваныя з астаткаў амінакіслот, злучаных пептыднай сувяззю. Кожны індывідуальны бялок характарызуецца спецыфічнай амінакіслотнай паслядоўнасцю і індывідуальнай прасторавай структурай.

Адрозніваюць першасную, другасную, трацічную і чацвярцічную структуру бялкоў; простыя і складаныя бялкі.

Пытанні і заданні

1. Растлумачце значэнне тэрміна «бялкі» з пункту гледжання арганічнай хіміі.

2. З прыведзеных формул выберыце формулы тых рэчываў, з якіх сінтэзуюцца бялкі:

а) $CH_2(NH_2)—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—COOH$

$CH_2(NH_2)COOH$ $\quad$ $C_2H_5NH_2$ $\quad$ $CH_3—CH(NH_2)—COOH$

$C_6H_5NH_2$ $\quad$ C_6H_5OH

б) $C_2H_5—NH—C_2H_5$ $\quad$ $HOOC—(CH_2)_2—CH(NH_2)—COOH$

$NH_2—(CH_2)_6—NH_2$ $\quad$ $C_6H_5—CH_2—CH(NH_2)—COOH$

$$\begin{array}{l} CH_3—\underset{\begin{array}{c}|\\ CH_2\\ |\\ SH\end{array}}{CH}—CH(NH_2)—COOH \end{array}$$

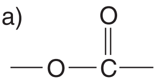
3. Назавіце: а) з атамаў якіх элементаў складаюцца бялкі; б) чым адрозніваецца элементарны састаў бялкоў ад элементарнага саставу тлушчаў і вугляводаў.

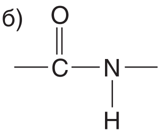
4. Што ўяўляе сабой першасная структура малекулы бялку?

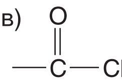
5. Чым абумоўлена другасная структура малекулы бялку?

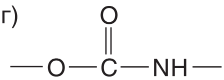
6. Колькі ўзроўняў арганізацыі бялковых малекул існуе і чым адрозніваецца другасная структура ад першаснай?

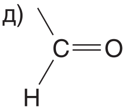
7. Выберыце той запіс, які адпавядае пептыднай групе, і дайце яму азначэнне:

а) 

б) 

в) 

г) 

д) 

8. Растлумачце, на падставе якіх прымет бялкі адносяць да палімераў. Назавіце, у чым падабенства і адрозненне ў будове малекул бялкоў у параўнанні з іншымі палімерамі.

9. На падставе якой прыметы бялкі раздзяляюць на простыя (пратэіны) і складаныя (пратэіды)? Што разумеюць пад тэрмінам «бялковыя рэчывы»?

10. Прывядзіце структурныя формулы ўсіх магчымых дыпептыдаў, якія ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні двух розных амінакіслот:

а) 2-амінаэтанавай кіслаты і 2-аміна-3-метылбутанавай кіслаты;

б) 2-амінапрапанавай кіслаты і 2-аміна-3-метылбутанавай кіслаты.

§ 56. Уласцівасці бялкоў

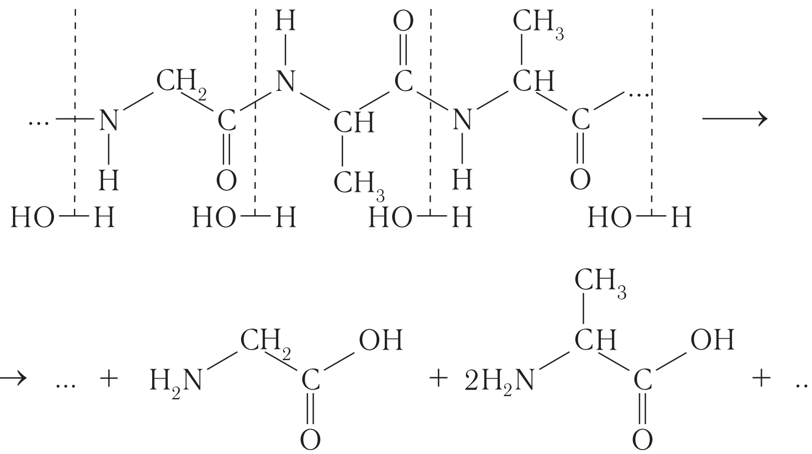
Фізічныя ўласцівасці

Адрозніваюць бялкі *цвёрдыя, вадкія, паўвадкія* (студзеняпадобныя). Цвёрдыя бялкі не раствараюцца ў вадзе і солевых растворах. Вадкія і паўвадкія бялкі раствараюцца ў вадзе і солевых растворах. Растваральнасць бялкоў таксама звязана з іх малекулярнай масай і будовай. Бялкі, якія маюць невялікую масу, раствараюцца ў вадзе лепей. Прыкладам можа быць бялок *альбумін*, які змяшчаецца ў яечным бялку.

Бялкі прынята падраздзяляць па іх растваральнасці на *глабулярныя* (лац. globulus — шарык), якія раствараюцца ў вадзе або ўтвараюць у ёй калоідныя растворы (напрыклад, такія бялкі, як гемаглабін, ферменты, многія гармоны), і *фібрылярныя* (лац. fibrilla — валаконца, нітачка), якія не раствараюцца ў вадзе, напрыклад такія бялкі, як *калагены* (бялкі, што змяшчаюцца ў скуры і злучальных тканках), *эласціны* (бялкі, якія змяшчаюцца ў лёгкіх, артэрыях), *кераціны* (бялкі, якія змяшчаюцца ў валасах, ногцях).

Хімічныя ўласцівасці

1) Важная ўласціваць бялку — здольнасць падвяргацца гідролізу. Ферментатыўны, кіслотны або шчолачны гідроліз бялкоў праходзіць паслядоўна з утварэннем поліпептыдаў і алігасахарыдаў усё меншай малярнай масы, а затым амінакіслот, з якіх пабудаваны індывідуальны бялок. Разгледзім для прыкладу схему гідролізу ўчастка малекулы бялку:



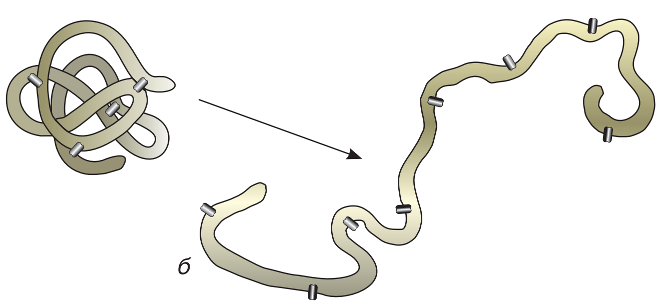
гліцын аланін

У працэсе гідролізу разбураюцца ўсе пептыдныя сувязі бялковых малекул.

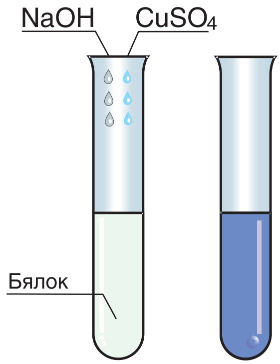
Бялкі ежы ў страўніку і кішэчніку чалавека і жывёл таксама падвяргаюцца гідролізу да амінакіслот пад дзеяннем ферментаў.

2) Пры дзеянні моцных кіслот, шчолачаў, солей цяжкіх металаў, радыяцыі і награванні адбываецца парушэнне другаснай і трацічнай структуры бялковых малекул. Гэту з’яву называюць **дэнатурацыяй** (слова «дэнатурацыя» паходзіць ад лац. denature, што азначае de — аддзяленне і nature — прырода) (мал. 85). Адзін з прыкладаў дэнатурацыі вядомы практычна кожнаму чалавеку. Гэта прыклад «згортвання» яечных бялкоў пры варцы яец. У працэсе дэнатурацыі бялок страчвае ўласцівыя яму якасці. Дэнатурацыя бялку, як правіла, працэс неабарачальны.

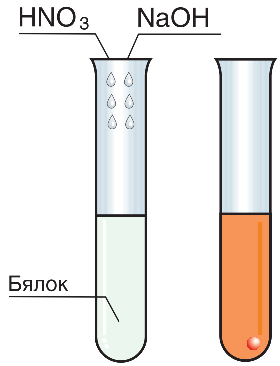
3) Пры моцным награванні можа адбывацца не толькі дэнатурацыя, але і раскладанне малекул бялкоў з утварэннем лятучых рэчываў, якія валодаюць спецыфічным пахам.



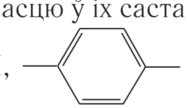
Мал. 85. Схема дэнатурацыі бялковых малекул: *а* — малекула бялку перад дэнатурацыяй; *б* — дэнатурыраваны бялок



Мал. 86. Біурэтавая рэакцыя бялкоў



Мал. 87. Ксантапратэінавая рэакцыя бялкоў

4) Бялкі даюць шэраг каляровых рэакцый, абумоўленых наяўнасцю ў іх саставе пэўных амінакіслотных астаткаў або хімічных груповак (—SH,  і інш.). Да важнейшых каляровых рэакцый належыць **біурэтавая рэакцыя**. Калі да раствору любога бялку ў шчолачным асяроддзі прыліць раствор солі двухвалентнай медзі, то з'яўляецца сіне-фіялетавая афарбоўка, якая гаворыць аб наяўнасці ў бялках пептыднай сувязі (мал. 86). Біурэтавая рэакцыя можа выкарыстоўвацца не толькі для аналітычнага выяўлення бялкоў у растворы, але і для вызначэння канцэнтрацыі бялкоў.

Існуе таксама некалькі спецыфічных каляровых рэакцый, якія ўказваюць на наяўнасць у саставе астаткаў амінакіслот бялку канкрэтных груповак атамаў. Так, калі раствор бялку апрацаваць канцэнтраванай азотнай кіслатой, а затым дабавіць раствор шчолачы, то з'явіцца жоўтая афарбоўка, якая пераходзіць у аранжавую. Гэта рэакцыя даказвае наяўнасць бензольнага кольца ў астатках амінакіслот і называецца **ксантапратэінавай** (мал. 87).

Роля бялкоў як пажыўных рэчываў

У арганізме чалавека змяшчаюцца тысячы розных індывідуальных бялкоў, якія сінтэзуюцца ў арганізме і адрозніваюцца па структуры ад бялкоў, што паступаюць з харчовымі прадуктамі. Асновай для сінтэзу індывідуальных бялкоў з'яўляюцца тыя амінакіслоты, з астаткаў якіх складаюцца бялкі ежы.

Пад уплывам ферментаў, якія змяшчаюцца ў страўніку і кішэчніку, бялкі ежы падвяргаюцца гідролізу. Канечным рэзультатам гідролізу з'яўляюцца амінакіслоты. Гэтыя амінакіслоты праз лімфу паступаюць у кроў, якая дастаўляе іх ва ўсе тканкі і клеткі арганізма. Большая частка гэтых амінакіслот расходуецца на сінтэз

уласных бялкоў чалавека, які адбываецца з паглынаннем энергіі пад дзеяннем спецыфічных ферментаў.

Некаторыя амінакіслоты, неабходныя чалавеку для сінтэзу ўласных бялкоў і якія не змяшчаюцца ў харчовых прадуктах, могуць сінтэзавацца з іншых, блізкіх па будове, амінакіслот. Але ёсць дзесяць амінакіслот, якія арганізм чалавека не можа сінтэзаваць з іншых, і таму яны павінны абавязкова паступаць з бялкамі ежы. Такія амінакіслоты атрымалі назву **незаменныя.** Да іх адносяцца *фенілаланін*, *трэанін*, *лізін*, *валін*, *метыанін*, *лейцын*, *ізалейцын*, *трыптафан*, *гістыдын* і *аргінін*.

Жывёльныя бялкі, якія паступаюць у арганізм пры ўжыванні малака, яец, мяса, змяшчаюць усе неабходныя амінакіслоты, а ў раслінных бялках некаторых амінакіслот мала або зусім няма. Пры падборы прадуктаў для паўнацэннага харчавання неабходна забяспечыць мінімум амінакіслот з разліку штодзённай нормы для чалавека (не менш за 100 г бялкоў).

У арганізме чалавека частка амінакіслот ідзе на сінтэз уласнага бялку, а частка падвяргаецца паступоваму распаду і акісленню.

Адрозніваюць бялкі цвёрдыя, вадкія, паўвадкія.

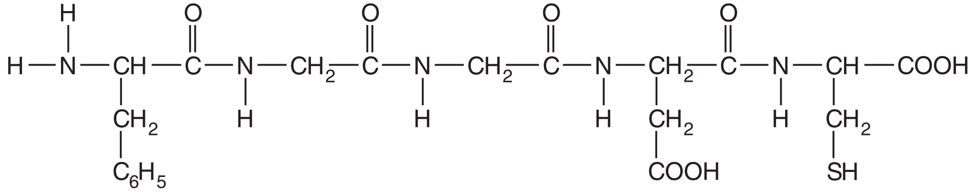
Бялкі бываюць жывёльнага і расліннага паходжання.

Бялкі падвяргаюцца гідролізу, могуць утвараць солі як з кіслотамі, так і з асновамі, акісляцца; ім уласцівыя «каляровыя рэакцыі», па якіх бялкі можна ідэнтыфікаваць.

Бялковая ежа павінна абавязкова ўваходзіць у штодзённы рацыён харчавання чалавека, паколькі прадукты яе гідролізу — амінакіслоты — з'яўляюцца асновай сінтэзу індывідуальных уласных бялкоў чалавека.

Пытанні і заданні

1. Назавіце важнейшыя хімічныя ўласцівасці бялкоў.
2. Ахарактарызуйце з'яву дэнатурацыі бялку. Якімі фактарамі яна выклікаецца?
3. Напішыце ўраўненні рэакцый утварэння ўсіх дыпептыдаў з гліцыну і фенілаланіну.
4. Напішыце формулы і назвы амінакіслот, якія ўтвараюцца пры гідролізе наступнага пентапептыду, выкарыстаўшы для гэтага даныя табліцы 34:



5. Пералічыце вядомыя вам характэрныя каляровыя рэакцыі на бялок.

6. Якімі рэакцыямі можна даказаць, што малекулы бялкоў пабудаваныя з астаткаў амінакіслот?

7. У дзвюх прабірках знаходзяцца бясколерныя вадкасці: у адной з іх — раствор бялку, а ў другой — раствор гліцэрыны. Пры дапамозе якіх рэакцый можна ўстанавіць змесціва кожнай прабіркі?

8. Па якой прымеце амінакіслоты ў арганічнай хіміі падзяляюцца на незаменныя і заменныя?

9. Якая роля бялковай ежы для забеспячэння нармальнай жыццядзейнасці чалавека?

10. Вызначце, чаму можа быць роўна адносная малекулярная маса бялковай малекулы, масавая доля серы ў якой роўна 0,4 %. Пры разліках зыходзьце з таго, што ў малекуле бялку ёсць два астаткі амінакіслот, якія змяшчаюць па аднаму атаму серы.

11. Пры кіслотным гідролізе дыпептыду масай 33 г утварылася толькі адно рэчыва — хлоравадародная соль адной амінакіслаты. Маса гэтай солі роўна 55,75 г. Устанавіце будову дыпептыду.

Лабараторны дослед 11

Уласцівасці бялкоў: дэнатурацыя, каляровыя рэакцыі

1. Наліце ў прабірку раствор курынага бялку аб'ёмам 2—3 $см^3$. Разгледзьце змесціва прабіркі і зрабіце вывад аб растваральнасці бялка ў вадзе. Павольна награвайце раствор у полымі спіртоўкі. Назірайце, што пры гэтым адбываецца.

2. Пасля ахалоджвання змесціва прабіркі прыліце ў яе ваду аб'ёмам 1—2 $см^3$. Назірайце, ці раствараецца ў вадзе асадак, атрыманы пасля награвання бялка.

3. Пракіпяціце ў прабірцы з вадой невялікі кавалачак мяса. Правядзіце характэрныя рэакцыі на бялкі. Для гэтага адліце ў другую прабірку раствор бялку аб'ёмам 1 $см^3$ і дабаўце да яго роўны аб'ём шчолачы і некалькі кропель раствору сульфату медзі(II) да з'яўлення сіне-фіялетавай афарбоўкі.

Практычная работа 4

Рашэнне эксперыментальных задач

Варыянт 1

Задача 1. Дакажыце доследным шляхам, што ў раслінным алеі ў малекулах трыгліцэрыдаў змяшчаюцца астаткі ненасычаных кіслот.

Задача 2. Дакажыце доследным шляхам, што ў саставе малекул гліцэрыны адсутнічае альдэгідная група.

Задача 3. У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы бялку, глюкозы і карбонавай кіслаты. Вызначце доследным шляхам кожнае з трох прапанаваных вам рэчываў.

Задача 4. Дакажыце тэарэтычна, што анілін валодае асноўнымі ўласцівасцямі.

Варыянт 2

Задача 1. Дакажыце доследным шляхам, што выдадзены вам празрысты раствор змяшчае бялок.

Задача 2. Дакажыце доследным шляхам, што ў саставе малекул глюкозы ёсць функцыянальныя групы двух розных відаў.

Задача 3. У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца бясколерныя растворы мыла, гліцэрыны і крухмальнага клейстару. Вызначце доследным шляхам кожнае з трох прапанаваных рэчываў.

Задача 4. Дакажыце тэарэтычна, што амінавоцатная кіслата адносіцца да амфатэрных злучэнняў.

РАЗДЗЕЛ 10
АБАГУЛЬНЕННЕ І СІСТЭМАТЫЗАЦЫЯ ВЕДАЎ ПА АРГАНІЧНАЙ ХІМІІ

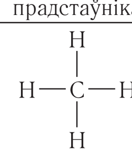
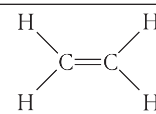
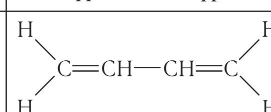
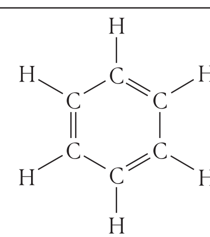
§ 57. Класіфікацыя і наменклатура арганічных злучэнняў

Класіфікацыя арганічных злучэнняў

Арганічныя злучэнні ў залежнасці ад саставу і будовы падзяляюць на *вуглевадароды* і іх *вытворныя*, у якіх атам вадароду замешчаны на функцыянальную групу.

Арганічныя злучэнні ў залежнасці ад будовы вугляроднага ланцуга падзяляюць на *аліфатычныя*(ацыклічныя) і *цыклічныя*. Да аліфатычных адносяць арганічныя злучэнні з адкрытым ланцугом атамаў вугляроду. Вуглевадароды ў залежнасці ад тыпу вуглярод-вугляродных сувязей падзяляюць на *насычаныя* (з адзінарнымі сувязямі), *ненасычаныя* (з кратнымі сувязямі) і *араматычныя* (табл. 36).

Табліца 36. **Класіфікацыя вуглевадародаў**

Тып хімічнай сувязі	Клас	Агульная формула	Назва прасцейшага прадстаўніка	Структурная формула прасцейшага прадстаўніка
Адзінарная	Алканы	C_nH_{2n+2}	Метан	
Двайная	Алкены	C_nH_{2n}	Этэн	
Двайныя	Дыены	C_nH_{2n-2}	Бутадыен-1,3	
Трайная	Алкіны	C_nH_{2n-2}	Этын	H—C≡C—H
Асобая	Араматычныя	C_nH_{2n-6}	Бензол	

Наменклатура вуглевадародаў

1. Назвы насычаных вуглевадародаў з неразгалінаваным ланцугом, пачынаючы з пяці вуглярודных атамаў (вуглевадароды C_1—C_4 маюць трывіяльныя назвы), па сістэматычнай наменклатуры ўтвараюцца з грэчаскіх назваў лікаў з дабаўленнем суфікса **-ан**. Прысутнасць двайной сувязі паказваецца змяненнем суфікса **-ан** на **-ен** або **-эн**; трайной сувязі — змяненнем суфікса **-ан** на **-ін** або **-ын.** Лічбу, якая паказвае атам вугляроду, за якім ідзе кратная сувязь, па наменклатуры ІЮПАК запісваюць пасля суфікса.

2. Агульная назва вуглевадародаў з адзінарнымі сувязямі — **алканы**; з двайнымі — **алкены,** з трайнымі — **алкіны**.

3. Злучэнні з **разгалінаваным ланцугом** вугляродных атамаў разглядаюць як вытворныя вуглевадародаў з неразгалінаваным ланцугом. Аснову назвы вызначае найбольш доўгі ланцуг атамаў вугляроду, які абавязкова павінен змяшчаць кратную сувязь.

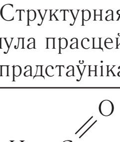
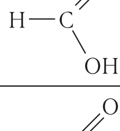
4. Ланцуг нумаруюць арабскімі літарамі, пачынаючы з таго канца, бліжэй да якога знаходзіцца замяшчальнік; пры наяўнасці кратных сувязей найменшы нумар павінен атрымаць атам вугляроду, за якім ідзе кратная сувязь.

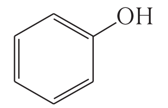
5. Ва ўсіх выпадках запісу назваў рэчываў больш пераважна выкарыстоўваць замяшчальную наменклатуру ІЮПАК, а назвы замяшчальнікаў прыводзіць у алфавітным парадку з паказам іх становішча.

6. Аснову назвы араматычных злучэнняў складае слова «бензол», да якога ў выглядзе прэфікса дадаюць назву замяшчальніка. Наяўнасць у кольцы бензолу некалькіх замяшчальнікаў паказваюць лічбамі, прычым нумарацыю атамаў вугляроду кольца робяць такім чынам, каб пры выбары з некалькіх варыянтаў першая лічба становішча замяшчальніка, якая адрозніваецца, была найменшая.

Злучэнні, якія змяшчаюць функцыянальныя групы, прыведзены ў табліцы 37.

Табліца 37. **Класіфікацыя злучэнняў з функцыянальнымі групамі**

Клас	Агульная формула	Назва прасцейшага прадстаўніка	Структурная формула прасцейшага прадстаўніка
Карбонавыя кіслоты	R—COOH	Метанавая кіслата	
Альдэгіды	R—CHO	Метаналь	
Спірты	R—OH	Метанол	H_3C—OH

Клас	Агульная формула	Назва прасцейшага прадстаўніка	Структурная формула прасцейшага прадстаўніка
Фенолы	R—OH	Фенол	
Аміны	$R-NH_2$	Метанамін	H_3C-NH_2
α-Амінакіслоты	$R-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	Гліцын	H_2N-CH_2-COOH

Наменклатура злучэнняў, якія змяшчаюць функцыянальныя групы

1. Назвы злучэнняў утвараюць дабаўленнем да назвы адпаведнага насычанага вуглевадароду **суфікса** функцыянальнай групы:

карбаксільная група — **-авая кіслата**;

альдэгідная група — **-аль**;

гідраксільная група — **-ол**;

амінагрупа — **-амін**.

2. Нумарацыю вугляродных атамаў пачынаюць з атама вугляроду функцыянальнай групы, у іншых выпадках атам вугляроду, да якога прымыкае функцыянальная група, павінен атрымаць найменшы нумар.

3. У прыведзенай табліцы функцыянальныя групы размешчаны па старшынству зверху ўніз: карбаксільная група з'яўляецца самай старшай. Таму, калі ў злучэнні прысутнічаюць дзве розныя функцыянальныя групы, у суфіксе павінна быць толькі старшая функцыянальная група, другая функцыянальная група павінна знаходзіцца ў прэфіксе як замяшчальнік (прэфікс для альдэгіднай групы — **фарміл**, гідраксільнай групы — **гідраксі**, амінагрупы — **аміна**). Напрыклад, злучэнне

$$\overset{5}{H_3C}-\underset{OH}{\underset{\vert}{\overset{4}{CH}}}-\overset{3}{CH_2}-\underset{Br}{\underset{\vert}{\overset{2}{CH}}}-\overset{1}{COOH}$$

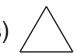
называюць 2-**б**ром-4-**г**ідраксіпентанавай кіслатой.

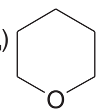
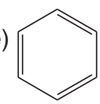
Арганічныя злучэнні ў залежнасці ад будовы вугляроднага ланцуга можна падзяліць на аліфатычныя і цыклічныя; у залежнасці ад наяўнасці функцыянальных груп — на вуглевадароды і функцыянальна замешчаныя вуглевадародаў.

Ва ўсіх выпадках запісаў назваў рэчываў больш пераважна выкарыстоўваць замяшчальную наменклатуру.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце класіфікацыю арганічных злучэнняў у залежнасці ад саставу і будовы ланцуга.
2. На падставе якіх прымет класіфікуюць вуглевадароды?
3. Якія з прыведзенных злучэнняў, формулы якіх прыведзены:

а) $H_3C—CH{=}CH—CH_2—CH_3$ б) $H_3C—CH{=}CH—CH_2—OH$ в) 

г) $H_3C—CH{=}CH—CH_2—CHO$ д)  е) ,

адносяцца да аліфатычных арганічных злучэнняў?

4. Запоўніце табліцу па ўзоры, які прапануецца.

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	Бутан	$H—COOH$	Метанавая кіслата
$CH_3—CH{=}CH_2$		$CH_3—CH_2—CHO$	
$CH_2\,Br—CH{=}CH_2$		$CH_3—CH_2—OH$	
$CH_3—CH{=}C{=}CH_2$		C_6H_5OH	
$CH_3—C{\equiv}C—CH_3$		$(CH_3)_2NH$	

5. Напішыце структурныя формулы і назвы трох злучэнняў розных класаў па замяшчальнай наменклатуры ІЮПАК.
6. Сярод прыведзеных груп выберыце старшую функцыянальную групу: —Br; —NH_2; —Cl; —OH.
7. Назавіце старшую функцыянальную групу ў злучэннях: а) $NH_2—CH_2—COOH$; б) $CH_2{=}CH—CHO$. Прывядзіце поўныя назвы злучэнняў.

§ 58. Разнастайнасць арганічных злучэнняў. Ізамерыя

У цяперашні час вядома больш за 20 млн арганічных злучэнняў прыроднага і сінтэтычнага паходжання, што намнога перавышае лік неарганічных рэчываў. Адной з прычын, якая растлумачвае такую лікавую перавагу арганічных злучэнняў, з'яўляецца існаванне ізамераў.

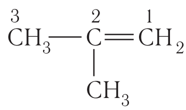
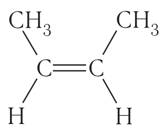
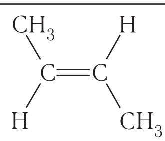
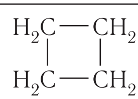
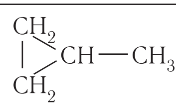
Ізамерамі называюцца рэчывы, якія маюць аднолькавы састаў, але розную хімічную будову, і таму валодаюць рознымі ўласцівасцямі.

Ізамеры маюць адну і тую ж малекулярную формулу, таму для іх абазначэння часта выкарыстоўваюць *структурныя формулы* (або формулы будовы), якія

адлюстроўваюць парадак злучэння атамаў, а часам і іх прасторавае размяшчэнне, каб можна было вызначыць, аб якім канкрэтна рэчыве ідзе гаворка.

Напрыклад, малекулярная формула C_4H_8 адпавядае не толькі рэчывам, якія маюць аднолькавую хімічную прыроду (табл. 38, прыклады 1—4), але і рэчывам, якія належаць да розных класаў арганічных злучэнняў (табл. 38, прыклады 5, 6).

Табліца 38. **Ізамеры саставу C_4H_8**

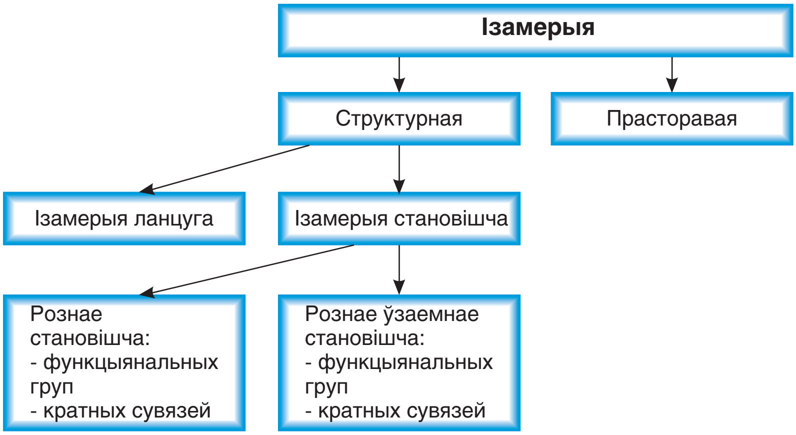
Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
1) C_4H_8	$CH_3—CH_2—CH=CH_2$	Бутэн-1
2) C_4H_8		2-Метылпрапен
3) C_4H_8		*Цыс*-бутэн-2
4) C_4H_8		*Транс*-бутэн-2
5) C_4H_8		Цыклабутан
6) C_4H_8		Метылцыклапрапан

Існаванне арганічных злучэнняў, якія маюць аднолькавы малекулярны састаў, але розны парадак злучэння атамаў у малекулах або рознае размяшчэнне атамаў у прасторы, называецца **ізамерыяй** (грэч. isos — роўны і meros — доля, частка).

Тэрмін «ізамерыя» ўвёў у хімію Й. Б е р ц э л і у с у 1830 г., а сапраўднае тлумачэнне гэты тэрмін атрымаў у другой палавіне XIX ст. на аснове тэорыі хімічнай будовы А. М. Б у т л е р а в а і стэрэахімічнага вучэння Я. Х. В а н т - Г о ф а.

Адрозніваюць ізамерыю *структурную* і *прасторавую*.

Структурная ізамерыя — гэта рэзультат адрозненняў у хімічнай будове рэчываў. Да гэтага тыпу адносяць (мал. 88):



Мал. 88. Віды структурнай ізамерыі

1) ізамерыю вугляроднага шкілета (або ланцуга), абумоўленую розным парадкам сувязі атамаў вугляроду;

2) ізамерыю становішча, абумоўленую розным становішчам функцыянальных груп або кратных сувязей пры аднолькавым вугляродным шкілеце.

Прасторавая ізамерыя (або **стэрэаізамерыя**) узнікае ў выніку адрозненняў у прасторавай канфігурацыі малекул, якія маюць аднолькавую хімічную будову.

Разгледзім на канкрэтных прыкладах ізамеры структурныя і прасторавыя, а таксама від ізамерыі, у выніку якога ўзнікаюць тыя ці іншыя ізамеры.

Структурная ізамерыя

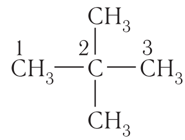
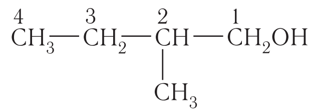
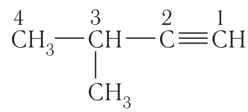
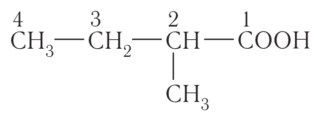
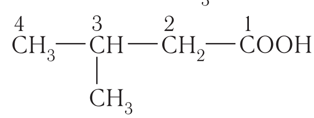
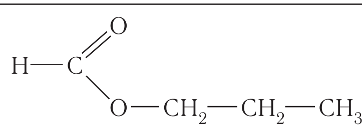
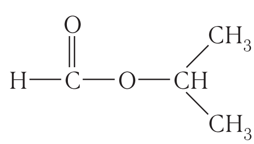
Ізамерыя вугляроднага ланцуга

Ізамерыя ланцуга (або вугляроднага шкілета) характэрна для любых класаў арганічных злучэнняў аліфатычнага рада. З'ява ізамерыі абумоўлена разгалінаваннем ланцуга атамаў вугляроду.

У табліцы 39 прыведзены для прыкладу ізамеры алканаў, алкінаў, спіртоў, карбонавых кіслот, складаных эфіраў.

Табліца 39. **Ізамерыя вугляроднага ланцуга**

Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
C_5H_{12}	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	Пентан
	$\overset{1}{C}H_3—\overset{2}{C}H(CH_3)—\overset{3}{C}H_2—\overset{4}{C}H_3$	2-Метылбутан

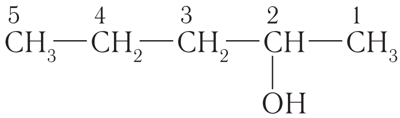
Малекулярная формула	Структурная формула	Назва
		2,2-Дыметылпрапан
$C_5H_{12}O$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2OH$ 	Пентанол-1 2-Метылбутанол-1
C_5H_8	$CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$ 	Пентын-1 3-Метылбутын-1
$C_5H_{10}O_2$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$  	Пентанавая кіслата 2-Метылбутанавая кіслата 3-Метылбутанавая кіслата
$C_4H_8O_2$	 	Прапілметанаат (прапілавы эфір мурашынай кіслаты) Ізапрапілметанаат (ізапрапілавы эфір мурашынай кіслаты)

Ізамерыя становішча функцыянальных груп або кратных сувязей

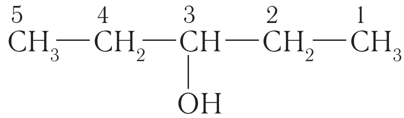
Ізамерыя становішча функцыянальных груп характэрна для спіртоў, фенолаў, амінаў. Напрыклад, для злучэння саставу $C_5H_{12}O$ такімі ізамерамі з'яўляюцца:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2OH$$

пентанол-1

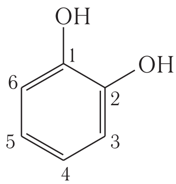


пентанол-2

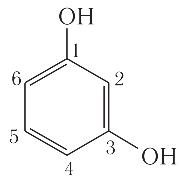


пентанол-3

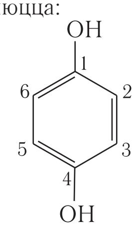
Прыкладамі ізамераў двухатамных фенолаў саставу $C_6H_6O_2$ з'яўляюцца:



1,2-дыгідраксібензол



1,3-дыгідраксібензол



1,4-дыгідраксібензол

Ізамерыя становішча кратных сувязей характэрна для алкенаў, алкінаў і дыенаў. Напрыклад:

$$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$$

пентэн-1

$$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{CH_3}$$

пентэн-2

$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$$

бутын-1

$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{CH_3}$$

бутын-2

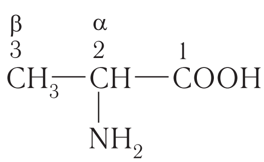
$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH}=\overset{2}{C}=\overset{1}{CH_2}$$

бутадыен-1,2

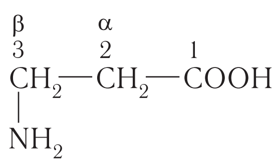
$$\overset{4}{CH_2}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$$

бутадыен-1,3

Прыкладамі ізамерыі ўзаемнага становішча функцыянальных груп з'яўляюцца α-амінапрапанавая кіслата (*1*) і β-амінапрапанавая кіслата (*2*):



(*1*)



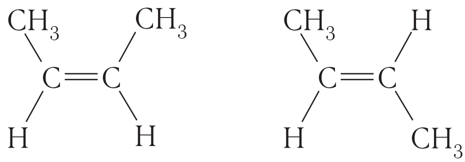
(*2*)

Прасторавая ізамерыя

У школьным курсе хіміі вы пазнаёміліся толькі з двума прыкладамі прасторавай ізамерыі, характэрнай для злучэнняў, якія змяшчаюць двайныя сувязі, і цыклічных злучэнняў.

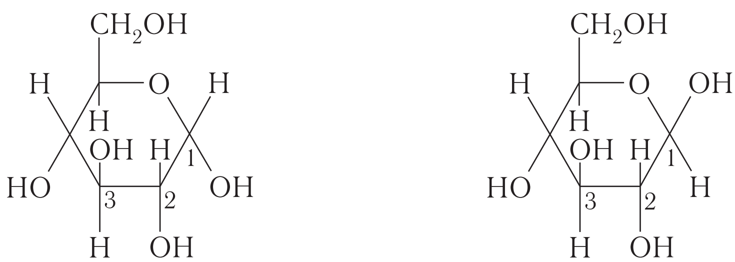
Першы прыклад адносіцца да злучэнняў, якія маюць розныя замяшчальнікі каля двайной сувязі. У гэтым выпадку ізамеры адрозніваюцца адзін ад аднаго прас-

торавым размяшчэннем замяшчальнікаў адносна плоскасці двайной сувязі (часцей за ўсё C═C). Замяшчальнікі могуць размяшчацца або па адзін бок плоскасці двайной сувязі (*цыс*-становішча), або па розныя бакі (*транс*-становішча). Напрыклад:



цыс-бутэн-2 *транс*-бутэн-2

Другім прыкладам прасторавых ізамераў з'яўляюцца α- і β-формы глюкозы, якія адрозніваюцца становішчам гідраксільных груп у першага атама вугляроду:



α-форма β-форма

Існуюць і іншыя віды стэрэаізамерыі, вывучэнне якіх прадугледжана ў вышэйшых навучальных установах.

З'ява ізамерыі ў значнай ступені садзейнічае росту ліку вядомых і патэнцыяльна магчымых злучэнняў. Напрыклад, магчымы лік структурных ізамерных дэцылавых спіртоў большы за пяцьсот, а прасторавых ізамераў тут больш за тысячу пяцьсот.

Ізамерыя — існаванне злучэнняў, аднолькавых па саставу і малярнай масе, але розных па фізічных і хімічных уласцівасцях.

Адрозніваюць ізамерыю структурную і прасторавую.

З'ява ізамерыі ў велізарнай ступені садзейнічае росту ліку вядомых і яшчэ ў большай ступені ліку патэнцыяльна магчымых ізамераў.

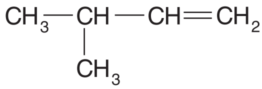
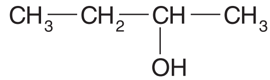
Пытанні і заданні

1. Дайце азначэнні паняццям «ізамерыя», «ізамеры».
2. Скажыце назвы вядомых вам тыпаў ізамерыі.
3. Дайце характарыстыку паняцця «структурная ізамерыя» і прывядзіце прыклады ізамераў розных відаў.

4. Выберыце формулы ізамерных рэчываў і назавіце іх. Назавіце від структурнай ізамерыі:

а) $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2OH$ б) $CH_2(NH_2)—CH_2—COOH$

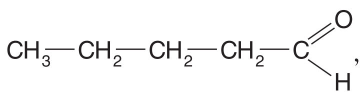
в) $CH_3CH(NH_2)—COOH$ г) $CH_3—CH_2—CH═CH—CH_3$

д)  е) 

ж) $CH_2(OH)—CH_2—CH_2—CH_3$

5. Складзіце формулы ўсіх магчымых структурных ізамераў для рэчываў саставу: а) C_6H_{14}; б) C_5H_8; в) $C_3H_6O_2$; г) $C_6H_{13}NO_2$.

6. Складзіце дзве структурныя формулы рэчываў, ізамерных рэчыву



і адну формулу рэчыва, ізамернага рэчыву

$$CH_3—C≡CH.$$

7. Выберыце формулы тых рэчываў, у якіх масавыя долі вугляроду роўныя, і абгрунтуйце свой выбар: CH_3COOH, $C_2H_5NH_2$, $HCOOCH_3$, C_2H_5CHO, $CH_2OH—CH_2OH$, $C_2H_5—C≡CH$, $CH_3—CH_2—CH═CH_2$.

§ 59. Класіфікацыя арганічных рэакцый, заканамернасці іх праходжання

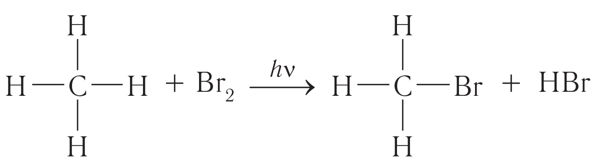
Класіфікацыя арганічных рэакцый

У арганічнай хіміі рэакцыі класіфікуюцца ў залежнасці ад характару змянення будовы рэагуючых малекул і характар змянення сувязей.

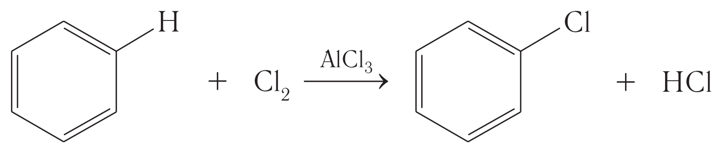
У залежнасці ад характару змянення будовы малекул і канечнага рэзультату рэакцый іх падзяляюць на рэакцыі *замяшчэння*, *далучэння* і *адшчаплення*.

1. Рэакцыі замяшчэння

У рэакцыях замяшчэння атам або група атамаў у зыходнай малекуле замяшчаюцца на другі атам або групу атамаў.



метан бромметан



бензол — хлорбензол

Такія рэакцыі характэрны для алканаў, араматычных злучэнняў, галагенвуглевадародаў, спіртоў, фенолаў, карбонавых кіслот і вугляводаў, хоць і адбываюцца па розных механізмах.

2. Рэакцыі далучэння

У рэакцыях далучэння адбываецца разрыў π-сувязі і далучэнне да атамаў вугляроду атамаў галагенаў або фрагментаў рэагентаў. Напрыклад:

$$\underset{\text{этылен}}{CH_2{=}CH_2} + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} \underset{\text{1,2-дыбромэтан}}{\underset{|\atop Br}{CH_2}-\underset{|\atop Br}{CH_2}}$$

$$\underset{\text{бутаналь}}{CH_3-CH_2-CH_2-CHO} + H_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t} \underset{\text{бутанол-1}}{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH}$$

Рэакцыі далучэння характэрны для вуглевадародаў з кратнымі сувязямі, альдэгідаў, монацукрыдаў і ў жорсткіх умовах магчымыя для араматычных злучэнняў.

3. Рэакцыі адшчаплення

$$\underset{\text{1-бромбутан}}{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2Br} + NaOH \xrightarrow{\text{спірт}, t}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{бутен-1}}{CH_3-CH_2-CH{=}CH_2} + NaBr + H_2O$$

$$\underset{\text{этанол}}{\underset{|\atop \boxed{H}}{CH_2}-\underset{|\atop \boxed{OH}}{CH_2}} \xrightarrow{H^+, t} \underset{\text{этылен}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O$$

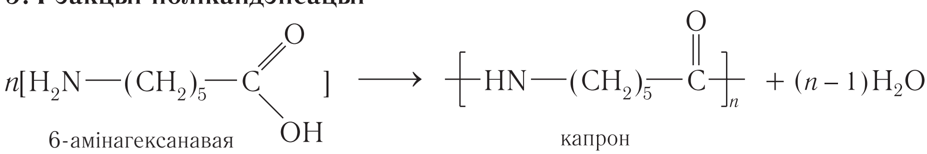
Рэакцыі адшчаплення характэрны ў асноўным для галагенвуглевадародаў і спіртоў.

Сярод рэакцый далучэння асобым відам з'яўляюцца *рэакцыі полімерызацыі*, а сярод рэакцый замяшчэння — *рэакцыі полікандэнсацыі*.

4. Рэакцыі полімерызацыі

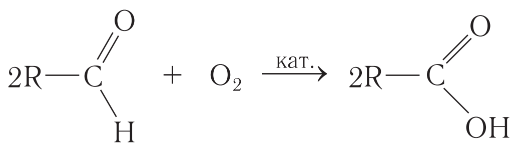
$$n\,\underset{\text{этылен}}{(CH_2{=}CH_2)} \longrightarrow \underset{\text{поліэтылен}}{(-CH_2-CH_2-)_n}$$

5. Рэакцыі полікандэнсацыі



6-амінагексанавая кіслата — капрон

6. З удзелам кіслароду або вадароду праходзяць **рэакцыі акіслення і аднаўлення**, якія характарызуюцца змяненнем ступені акіслення рэагуючых атамаў і прыводзяць у большасці выпадкаў да ўтварэння практычна важных прадуктаў. Напрыклад:



<u>*Паняцце аб механізмах рэакцый*</u>

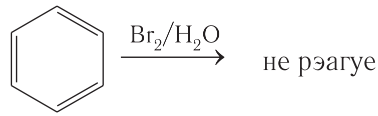
Любую хімічную рэакцыю можна разглядаць як працэс разрыву хімічных сувязей у зыходных злучэннях і ўтварэння новых сувязей у канечных прадуктах. У ходзе гэтага працэсу звычайна закранаецца не ўся малекула, а толькі яе частка — рэакцыйны цэнтр, якім спрошчана можна лічыць функцыянальную групу.

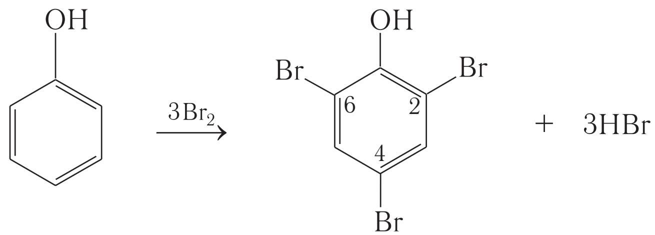
У залежнасці ад тыпу разрыву сувязей арганічныя рэакцыі падраздзяляюць на *радыкальныя* і *іонныя*, прычым рэакцыі аднаго тыпу могуць праходзіць па розных механізмах. Напрыклад, замяшчэнне атамаў вадароду ў алканах пры дзеянні галагенаў і апраменьванні (*рэакцыя замяшчэння*) адбываецца з прамежкавым утварэннем радыкалаў, а замяшчэнне атама вадароду ў бензоле на атам галагену ў прысутнасці хларыду алюмінію (*рэакцыя замяшчэння*) адбываецца з іонным тыпам разрыву сувязей.

Хімічныя ўласцівасці кожнага канкрэтнага класа арганічных злучэнняў вызначае функцыянальная група. У шэрагу рэакцый вуглевадародная група, звязаная з функцыянальнай групай, звычайна не падвяргаецца змяненням у працэсе рэакцый, якія адбываюцца пры ўмераных тэмпературах, і пераходзіць без змянення ў канечны прадукт. Напрыклад:

$$\underset{\text{спірт}}{R{-}OH} + HBr \longrightarrow \underset{\text{галагенід}}{R{-}Br} + H_2O$$

У другіх рэакцыях функцыянальная група моцна ўплывае на рэакцыйную здольнасць далучаных вуглевадародных груп. Напрыклад, бензол не рэагуе з бромнай вадой, аднак гідраксільная група, звязаная з араматычным кольцам, актывуе да рэакцый замяшчэння атамы вадароду бензольнага кольца ў становішчах *2, 4, 6*:





Бензольнае кольца, у сваю чаргу (узаемны ўплыў), уплывае на ўласцівасці гідраксільнай групы: фенол валодае кіслотнымі ўласцівасцямі (адшчапленне вадароду ў выглядзе пратона).

У хімічных рэакцыях, акрамя рэагуючых рэчываў, прымае ўдзел таксама і растваральнік. Разгледзім узаемадзеянне галагеналканаў з гідраксідамі шчолачных металаў. У водных растворах утвараюцца адпаведныя спірты, у спіртавых растворах — алкены:

$$H_3C{-}CH_2{-}Cl + NaOH \xrightarrow{H_2O,\ t} H_3C{-}CH_2{-}OH + NaCl$$

$$H_3C{-}CH_2{-}Cl + NaOH \xrightarrow{C_2H_5OH,\ t} H_2C{=}CH_2 + NaCl + H_2O$$

Рэакцыі арганічных злучэнняў падраздзяляюцца на наступныя тыпы: замяшчэння, далучэння і адшчаплення.

Хімічныя ўласцівасці кожнага канкрэтнага класа арганічных злучэнняў вызначае функцыянальная група і ўмовы правядзення рэакцыі.

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце азначэнне функцыянальнай групы, назавіце вядомыя вам функцыянальныя групы.

2. Вызначце, да якога тыпу адносяцца рэакцыі, паказаныя наступнымі хімічнымі ўраўненнямі:

а) $CH_3CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2Cl + HCl$;

б) $H_3C{-}CH_3 \xrightarrow{Cr_2O_3,\ t} H_2C{=}CH_2 + H_2$;

в) $nCH_2{=}CHCl \longrightarrow {\left(\!-CH_2{-}CHCl-\!\right)}_n$.

3. На падставе якіх прымет рэакцыі хларавання метану:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

і этылену:

$$CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl{-}CH_2Cl$$

адносяць да розных тыпаў?

4. На брамаванне этэну зрасходаваны раствор брому ў хлараформе масай 100 г з масавай доляй брому 6,4 %. Вызначце масу прадукту рэакцыі.

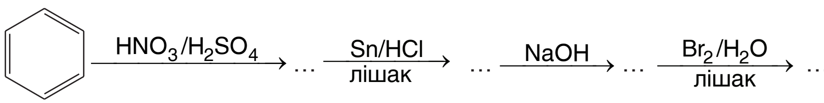
5. Пры хлараванні і апраменьванні святлом метану хімічнай колькасцю 3 моль атрыманы мона- і дыхлорвытворныя метану ў колькасных адносінах 2 : 1. Вызначце масу хлорметану, які ўтварыўся.

6. Невядомы алкен масай 7,0 г далучае бромавадарод аб'ёмам (н. у.) 2,24 $дм^3$. Вызначце малярную масу і будову гэтага вуглевадароду, калі вядома, што ён з'яўляецца *цыс-транс*-ізамерам.

7. Дапоўніце схемы ператварэнняў:

$$CH_3—(CH_2)_4—CH_3 \xrightarrow{Pt,\ t} \ldots \xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4} \ldots \xrightarrow{[H]} \ldots$$

8. Дапоўніце схемы ператварэнняў:

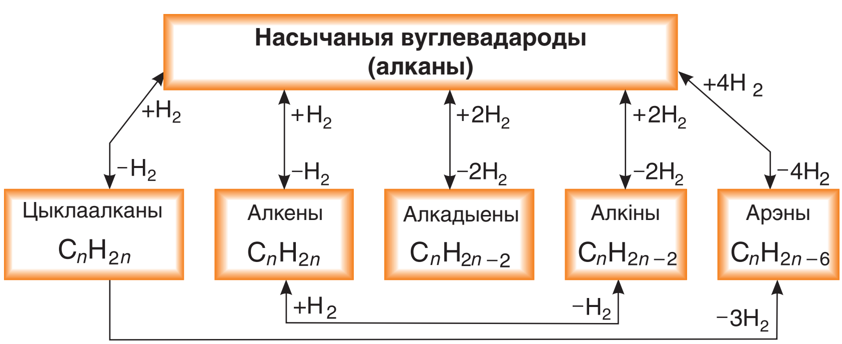


§ 60. Узаемасувязь паміж арганічнымі злучэннямі розных класаў

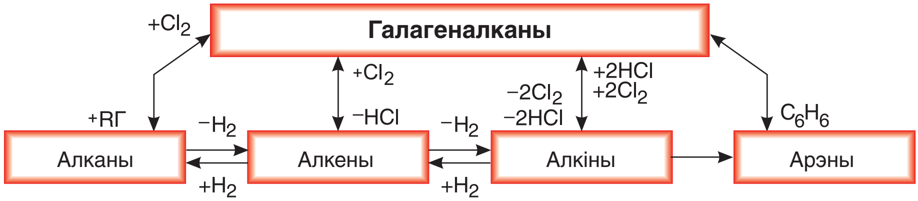
Вывучыўшы курс арганічнай хіміі, вы пазнаёміліся з будовай, хімічнымі ўласцівасцямі і спосабамі атрымання рэчываў розных класаў арганічных злучэнняў, якія адносяцца да вуглевадародаў, кіслародзмяшчальных і азотзмяшчальных арганічных рэчываў. Пры гэтым вы хутчэй за ўсё адзначылі, што арганічныя злучэнні цесна звязаны паміж сабой, паколькі магчыма атрыманне рэчываў аднаго класа з другога. Веды аб ператварэннях арганічных злучэнняў маюць важнае значэнне для эфектыўнага практычнага выкарыстання арганічнай сыравіны.

Разгледзім схемы ўзаемных ператварэнняў вуглевадародаў, кіслародзмяшчальных і азотзмяшчальных злучэнняў.

На малюнку 89 паказана схема ўзаемнага ператварэння вуглевадародаў.



Мал. 89. Схема ўзаемнага ператварэння вуглевадародаў



Мал. 90. Схема ўзаемнага ператварэння галагеналканаў і вуглевадародаў

Аналіз схемы (гл. мал. 89) паказвае, што рэальныя самыя разнастайныя ператварэнні адных вуглевадародаў у другія. Варыянты атрымання прадукту ў дадзеным выпадку могуць складацца з рознага ліку хімічных рэакцый у залежнасці як ад зыходнай сыравіны, так і ад ведаў хіміі. У гэтым вы можаце пераканацца, выконваючы самастойныя заданні. У схеме дадзены не толькі магчымыя ўзаемныя пераходы вуглевадародаў, але і ўмовы ажыццяўлення рэакцый. У дадзеным выпадку практычна ўсе ператварэнні паміж класамі вуглевадародаў ажыццяўляюцца ў працэсе рэакцый гідрыравання або дегідрыравання.

На малюнку 90 адлюстравана сувязь паміж галагенвытворнымі вуглевадародаў і вуглевадародамі.

Ператварэнні з галагеналканаў з розным лікам атамаў галагенаў у малекуле можна ажыццявіць у працэсе рэакцый замяшчэння, далучэння, адшчаплення. Напрыклад:

$$C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$$

(рэакцыя замяшчэння)

$$C_2H_5Cl + KOH \xrightarrow{\text{спірт}} CH_2{=}CH_2 + KCl + H_2O$$

(рэакцыя адшчаплення)

Узаемныя ператварэнні кіслародзмяшчальных арганічных злучэнняў паказаны на малюнку 91. Тут жа прыведзены прыклады ўзаемасувязі галагенвуглевадародаў і кіслародзмяшчальных злучэнняў.

Першасныя спірты, альдэгіды, карбонавыя кіслоты можна атрымаць у рэакцыях шчолачнага гідролізу розных галагенвытворных вуглевадародаў:

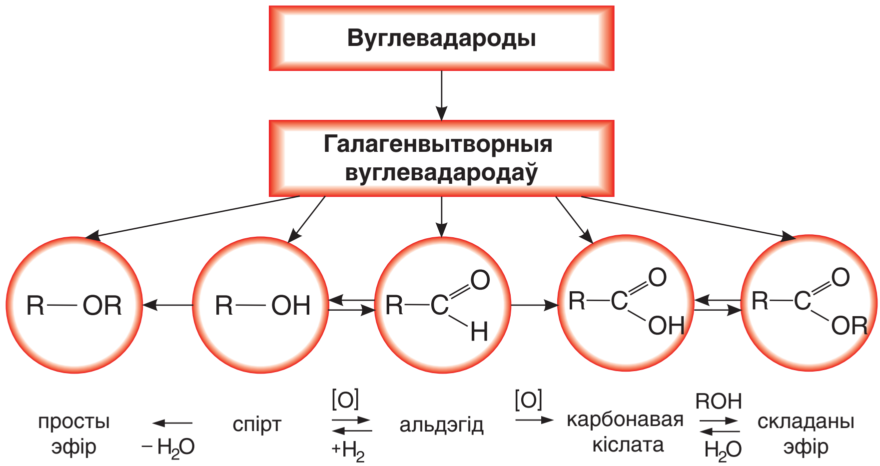
$$R{-}CH_2Cl + NaOH \xrightarrow{H_2O} R{-}CH_2OH + NaCl.$$

$$R{-}CH_2{-}CHCl_2 + 2NaOH \xrightarrow{H_2O} R{-}CH_2{-}CHO + 2NaCl$$

$$R{-}CCl_3 + 3NaOH \xrightarrow{H_2O} R{-}COOH + 3NaCl$$

Узаемныя ператварэнні спіртоў, альдэгідаў, карбонавых кіслот і эфіраў ажыццяўляюцца ў рэакцыях акіслення, аднаўлення, адшчаплення, гідролізу.

Узаемныя ператварэнні магчымы таксама паміж вуглевадародамі і кіслародзмяшчальнымі злучэннямі, а таксама паміж кіслародзмяшчальнымі і азотзмяшчальнымі злучэннямі, што і адлюстравана на малюнку 92.

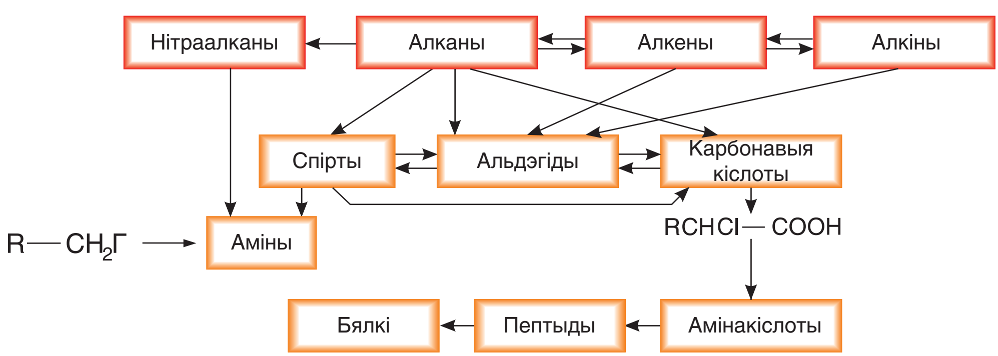


Мал. 91. Схема ўзаемных пераходаў кіслародзмяшчальных арганічных злучэнняў

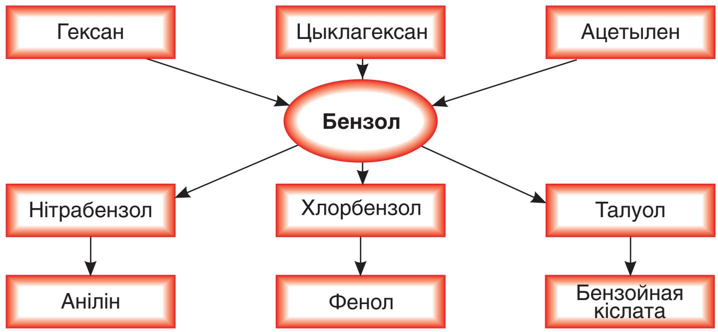
Саставіць ураўненні рэакцый згодна з дадзенай схемай вам прапануецца самастойна, зыходзячы з алкану этану. Пры запісе ўраўненняў рэакцый неабходна адзначаць умовы іх праходжання і тып хімічнай рэакцыі.

На аснове араматычных вуглевадародаў магчымы ператварэнні, паказаныя на малюнку 93 (с. 244) на прыкладзе бензолу.

Аналіз усіх схем, якія адлюстроўваюць узаемныя пераходы рэчываў адных класаў у рэчывы другіх класаў, паказвае, што функцыянальнай асновай арганічных рэчываў з'яўляюцца вуглевадароды. Прыродная крыніца вуглевадародаў — нафта і фракцыі яе перапрацоўкі. Выкарыстоўваюцца таксама прыродны газ і спадарожныя нафтавыя газы.



Мал. 92. Схема ўзаемных ператварэнняў кіслародзмяшчальных і азотзмяшчальных арганічных злучэнняў



Мал. 93. Бензол і яго вытворныя

Арганічныя рэчывы ўзаемазвязаныя адно з адным узаемнымі ператварэннямі.

Фундаментальная аснова арганічных рэчываў — вуглевадароды.

Веды хімічных уласцівасцей рэчываў дазваляюць выбіраць больш рацыянальныя шляхі атрымання новых арганічных рэчываў.

Пытанні і заданні

1. Ахарактарызуйце, якія вуглевадароды і ў выніку якіх рэакцый можна атрымаць з алканаў.

2. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $C_3H_8 \rightleftarrows C_3H_6 \longrightarrow C_3H_4 \longrightarrow C_3H_6 \longrightarrow C_3H_6Br_2$;

б) $C_2H_6 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5Br$.

$C_2H_2 \longrightarrow CH_3{-}C{\overset{O}{\underset{H}{\lessgtr}}}$

3. Назавіце, у працэсе якіх хімічных рэакцый можна атрымаць карбонавую кіслату ў некалькі этапаў, зыходзячы з аднаатамнага насычанага спірту.

4. Састаўце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa$;

б) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[O_2]{PdCl_2} A \xrightarrow{[O]} Б \longrightarrow В \xrightarrow[-H_2O]{} C_3H_7OH$.

5. Састаўце ўраўненні рэакцый, зыходзячы са схемы, паказанай на малюнку 92.

6. Састаўце ўраўненні ўсіх магчымых рэакцый, зыходзячы з аналізу схемы, прыведзенай на малюнку 93.

7. Назавіце формулы рэчываў і назвы канечнага прадукту ў наступных схемах рэакцый:

а) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[Hg^{2+}]{+H_2O} X \xrightarrow{+H_2} X_1 \xrightarrow[-H_2O]{} X_2 \xrightarrow{+HCl} X_3$;

б) $CH_3{-}CHO \xrightarrow{[O]} X \xrightarrow{+NaHCO_3} X_1 \xrightarrow[\text{сплаўл.}]{+NaOH\ (\text{цв.})} X_2 \xrightarrow[h\nu]{+Cl_2,\ 1\text{моль}} X_3$;

в) $C_2H_5{-}COO{-}CH_3 \xrightarrow{+H_2O,\ H^+} X \xrightarrow{+NaOH\ (\text{р-р})} X_1 \xrightarrow{+HCl} X_2 \xrightarrow[P_{\text{чырв}}]{+Cl_2} X_3$;

г) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[+O_2]{PdCl_2} X \xrightarrow{[O]} X_1 \xrightarrow[P_{\text{чырв}}]{+Cl_2} X_2 \xrightarrow{+NH_3} X_3$;

д) $CH{\equiv}CH \xrightarrow{+C_2H_2,\ 2\ \text{моль}} X \xrightarrow[H_2SO_4\ (\text{канц.})]{+HNO_3} X_1 \xrightarrow{+H_2} X_2 \xrightarrow{+HCl} X_3$;

е) $C_2H_5OH \xrightarrow{+CuO} X \xrightarrow{+H_2} X_1 \xrightarrow[-H_2O\ -\ H_2]{} X_2 \xrightarrow{+H_2,\ 1\ \text{моль}} X_3$;

ж) $CO_2 \xrightarrow[h\nu,\ \text{хларафіл}]{+H_2O} X$; $X \xrightarrow{+H_2} X_1$; $X \xrightarrow{+HBr} X_2$.

8. Этаналь, атрыманы з этыну аб'ёмам (н. у.) 33,6 м^3, акіслілі да адпаведнай кіслаты, якую выкарысталі ў рэакцыі этэрыфікацыі з метанолам масай 52,8 кг. Выхад прадукту рэакцыі этэрыфікацыі 84 %. Вызначце масу атрыманага эфіру.

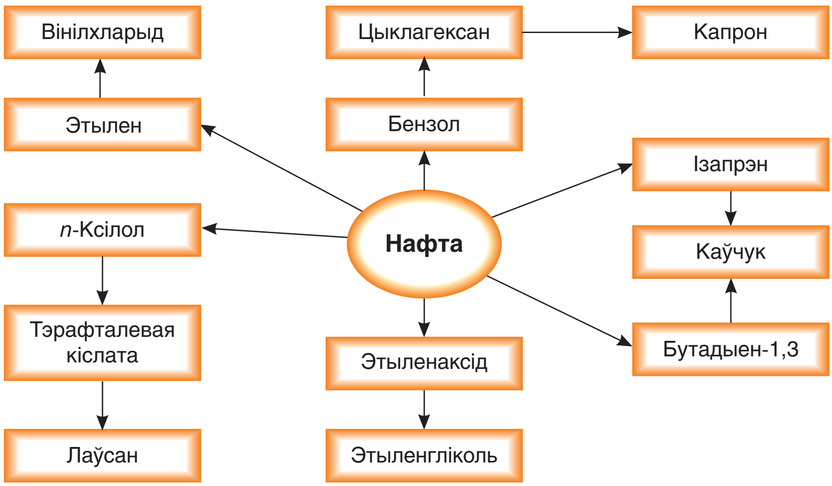
§ 61. Прамысловы арганічны сінтэз

У вучэбным дапаможніку, як і ў іншай вучэбнай літаратуры, пры апісанні сінтэзу арганічных рэчываў іх падзяляюць на *прамысловыя* і *лабараторныя*. Разгледзім больш падрабязна прамысловы арганічны сінтэз.

Прамысловы сінтэз павінен забяспечваць атрыманне эканамічна выгадных арганічных рэчываў у вялікіх колькасцях. Лабараторныя спосабы звычайна прымяняюць для атрымання ад некалькіх грамаў да некалькіх соцень грамаў рэчываў. Акрамя таго, кошт рэчыва, што атрымліваецца, часта не з'яўляецца такім важным фактарам у параўнанні з часам, затрачаным на сінтэз гэтага рэчыва. У прамысловых сінтэзах часта прымяняюць або атрымліваюць сумесі рэчываў. У лабараторыях хімікі наадварот імкнуцца атрымаць індывідуальныя рэчывы і выбіраюць такія спосабы і такія рэакцыі, якія прыводзяць да адзінага прадукту і мінімальных пабочных рэакцый.

Большасць буйных хімічных вытворчасцей заснавана на хімічнай перапрацоўцы нафты і прадуктаў яе перагонкі — гэта *нафтахімічная прамысловасць*. Прыблізна 95 % нафты, што здабываецца, выкарыстоўваецца для атрымання розных відаў паліва: дызельнага, высокаактанавага бензіну, а таксама розных змазачных матэрыялаў; частка, што застаецца, з'яўляецца сыравінай для прамысловага арганічнага сінтэзу.

Асноўны напрамак перапрацоўкі нафты звязаны з атрыманнем з нафты зыходных рэчываў для сінтэзу высокамалекулярных рэчываў: поліэтылену, полівінілхларыду, сінтэтычных каўчукаў, поліэфірных і поліамідных валокнаў. Другі напрамак



Мал. 94. Схема хімічнай перапрацоўкі нафты

звязаны з перапрацоўкай нафты для атрымання араматычных злучэнняў: бензолу, талуолу (метылбензолу), ізапрапілбензолу і выкарыстання гэтых злучэнняў для далейшага прамысловага сінтэзу (мал. 94).

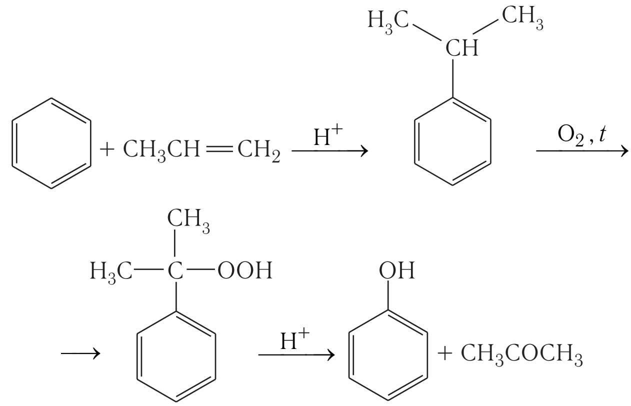
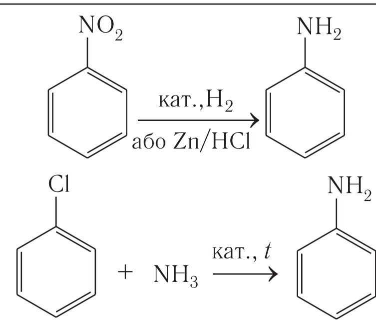
У меншай ступені нафта з'яўляецца крыніцай зыходных рэчываў для атрымання спіртоў, альдэгідаў і карбонавых кіслот.

Адна з буйнейшых хімічных вытворчасцей у нашай рэспубліцы размешчана ў Наваполацку. Яго прадукцыяй з'яўляюцца: поліэтылен, поліакрыланітрыл, бензін, газа, дызельнае паліва, змазачныя матэрыялы, парафіны, бітумы, бензол, талуол, ксілолы, прысадкі для мінеральных маслаў і інш.

Звесткі аб прамысловых сінтэзах некаторых арганічных рэчываў прыведзены ў табліцы 40.

Табліца 40. **Прамысловыя сінтэзы некаторых арганічных рэчываў**

Рэчыва, якое атрымліваецца	Спосабы сінтэзу
Этэн (этылен) Бутадыен-1,3 2-Метылбутадыен-1,3 (ізапрэн)	Піроліз і дэгідрыраванне фракцый вуглевадародаў, якія атрымліваюцца з нафты
Метанол	$CO + 2H_2 \xrightarrow[75\,атм,\ 300\,°C]{Cu} CH_3OH$
Этанол	$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4,\ t,\ p} C_2H_5OH$ Ферментацыя вугляводаў

Рэчыва, якое атрымліваецца	Спосабы сінтэзу
Фенол	
Воцатная кіслата	$H_2C{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow[H_2O/CuCl_2]{PdCl_2} CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$ $CH_3OH + CO \xrightarrow{кат., t, p} CH_3COOH$
Бензол і іншыя араматычныя вуглевадароды	Каталітычная араматызацыя фракцый нафты
Анілін	

<u>*Праблемы аховы здароўя людзей*</u>

Найбольш небяспечнымі забруджвальнікамі навакольнага асяроддзя, якія шкодныя для здароўя людзей, з'яўляюцца:

1) сырая нафта і прадукты яе перапрацоўкі ў выніку аварый пры іх транспарціроўцы;

2) аксід вугляроду(II), які ўтвараецца пры няпоўным згаранні розных відаў гаручага, а таксама аксіды азоту і серы;

3) таксічныя адходы прамысловых прадпрыемстваў (ненасычаныя вуглевадароды, фармальдэгід, фенолы, вытворныя кіслот і інш.).

З мэтай аховы здароўя людзей і аховы навакольнага асяроддзя ўстаноўлены санітарныя нормы змяшчальнасці шкодных рэчываў у навакольным асяроддзі — *гранічна дапушчальная канцэнтрацыя* (ГДК). ГДК шкоднага рэчыва гаворыць аб тым, што дадзеная канцэнтрацыя рэчыва ў атмасферы, вадзе або глебе практычна не ўплывае на здароўе чалавека (табл. 41).

Табліца 41. **Гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі рэчываў**

Назва рэчыва	ГДК, мг/м^3			Часова дапушчальная канцэнтрацыя, мг/м^3
	у паветры рабочай зоны	сярэдня-сутачная ў паветры	у вадзе (мг/л)	
Этэн	100	3	0,5	
Бутэны	100	3	0,2	
Бензол	5	0,1	0,5	
Стырол	10	0,002	0,1	
1,2-Дыхлорэтан	10	1	0,02	
Хлорэтэн	5	1	0,05	0,005
Метаналь		0,003	0,00005	
Фенол		0,003		

На кожным прамысловым прадпрыемстве існуюць устаноўкі для абясшкоджвання таксічных адходаў: улоўлівання попелу і курадыму, ачысткі сцёкавых вод мікрабіялагічным спосабам. Прымяняецца замкнутае водазабеспячэнне і часам спальванне таксічных рэчываў.

У сучасных умовах вельмі важнай задачай з’яўляецца праектаванне і ўкараненне безадходных вытворчасцей.

Для памяншэння магчымасці атручвання выхлапнымі газамі рэкамендуецца будаваць аўтамагістралі ўдалечыні ад населеных пунктаў.

Большасць буйных хімічных вытворчасцей заснавана на хімічнай перапрацоўцы нафты і прадуктаў яе перагонкі. Асноўная частка прамыслова сінтэзу датычыцца атрымання высокамалекулярных рэчываў: поліэтылену, полівінілхларыду, сінтэтычных каўчукаў, поліэфірных і поліамідных валокнаў.

Пытанні і заданні

1. Састаўце ўраўненні рэакцый атрымання поліэтылену і полівінілхларыду з нафты.
2. Якія рэчывы неабходна выкарыстаць для атрымання лаўсану?
3. Напішыце схему ператварэння метану ў фенолфармальдэгідную смалу.
4. Складзіце схему ператварэння метану ў метанол.

5. Састаўце ўраўненне рэакцый ператварэння гексану ў анілін.

6. У кабінеце хіміі аб’ёмам 80 м^3 пры адсутнасці цягі настаўнік вырашыў паказаць 26 вучням сінтэз этылену з этанолу. Сінтэз вучні праводзілі парамі, а для правядзення кожнага сінтэзу яны зрасходавалі этанол (чыстата 94 %) масай 3 г кожны. Лічачы, што выхад этылену ва ўсіх вучняў роўны 70 %, разлічыце, перавышаны ці не ГДК для этылену ў дадзеным памяшканні.

7. Пакажыце прынцыповыя адрозненні паміж прамысловым арганічным сінтэзам і атрыманнем арганічных рэчываў у лабараторных умовах.

8. Прывядзіце дзве-тры назвы найбольш небяспечных для здароўя чалавека арганічных рэчываў.

9. Якая вытворчасць у вашым раёне найбольш небяспечная для чалавека або з’яўляецца крыніцай забруджвання навакольнага асяроддзя?

ДАДАТАК 1

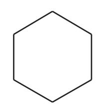
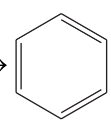
Асноўныя віды арганічнай сыравіны

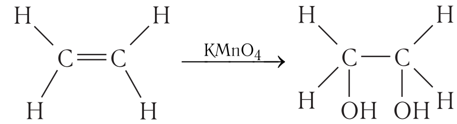
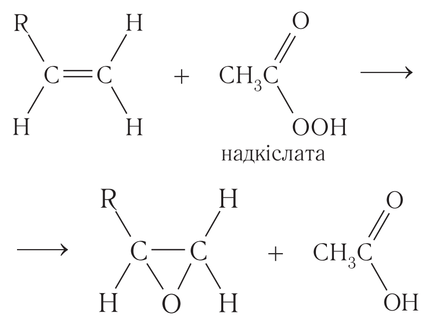
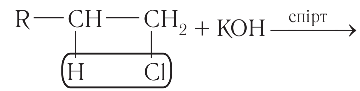
Віды сыравіны	Асноўны састаў	Прымяненне
Нафта Спадарожныя газы	Сумесь алканаў C_1—C_{40} Сумесь цыклаалканаў (нафтэны) Сумесь араматычных вуглевадародаў Злучэнні серы і інш. Метан, этан, прапан, бутан, алканы C_5—C_7	Бензін, газа, салярныя маслы, змазачныя маслы, мазут, гудрон Хімічная перапрацоўка нафты
Прыродны газ	Метан — более 95 % Этан, прапан, бутан, ізабутан	Паліва Сінтэз-газ Хімічная перапрацоўка
Каменны вугаль (буры)	Элементны састаў (%): C — 62—69; H — 4,5—5,5; N — 0,5—1,5; гумінавыя кіслоты — 35—70	Кокс Каменнавугальная смала (бензол і гамолагі, фенол і гамолагі) Раствор аміяку Коксавы газ (вадарод, метан, этылен)
Торф	Элементны састаў (%): C — 50—60; H — 5—6,5; O — 30—40; N — 1—3; S — 0,1—1,5 Кампанентны састаў (%): бітумы — 2—10; лёгкагідралізуемыя злучэнні — 20—40; цэлюлоза — 4—10; гумінавыя кіслоты — 15—50; лігнін — 5—20	Паліва
Драўніна (елка)	Цэлюлоза — 58 %; лігнін — 28 %; пентазаны — 11 %; гексазаны — 1,8 %	Паліва Хімічная перапрацоўка
Тлушчы	Складаныя эфіры гліцэрыны і карбонавых кіслот і інш.	Прадукты харчавання Гліцэрына Спірты Карбонавыя кіслоты Мыла і іншыя мыйныя сродкі

ДАДАТАК 2

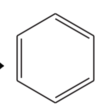
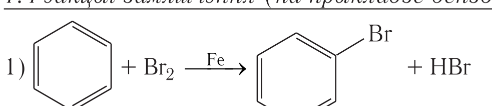
Абагульненне звестак аб саставе, будове, хімічных уласцівасцях, атрыманні і прымяненні арганічных рэчываў

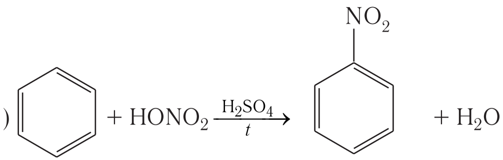
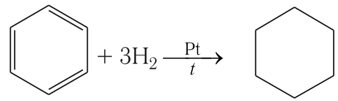
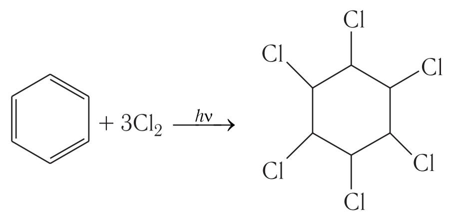
Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
Насычаныя вуглевадароды (алканы)			
Агульная формула C_nH_{2n+2} Тэтраэдрычная будова з валентнымі вугламі сувязей 109° Даўжыня сувязей C—C 0,154 нм	*1. Рэакцыя акіслення* Поўнае акісленне: $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + Q$ Частковае акісленне: $2CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2O$ $6CH_4 + O_2 \xrightarrow{1500\ ^\circ C} 2CH{\equiv}CH + 2CO + 10H_2$ $2CH_3CH_2CH_2CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{солі Mn і Co}, t} 4CH_3COOH + 2H_2O$ $CH_4 + H_2O \xrightarrow[Ni]{850^\circ} CO + 3H_2$ *2. Рэакцыя замяшчэння* $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$ (хлорметан) $CH_3CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2Cl + HCl$ (хлорэтан) $CH_3CH_2CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2CH_2Cl +$ прапан, 1-хлорпрапан $+ CH_3CHClCH_3 + HCl$ 2-хлорпрапан $CH_3{-}CH_3 + HONO_2 \xrightarrow{t} CH_3{-}CH_2{-}NO_2 + H_2O$ этан, нітраэтан	У прамысловасці: з прадуктаў перапрацоўкі нафты У лабараторыі: 1) награваннем солей карбонавых кіслот з цвёрдым NaOH $RCOONa + NaOH \longrightarrow RH + Na_2CO_3$ 2) гідрыраваннем злучэнняў з кратнымі сувязямі $CH_3{-}CH_2C{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t}$ бутын-1 $\longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ бутан	У якасці паліва і сыравіны для хімічнай прамысловасці

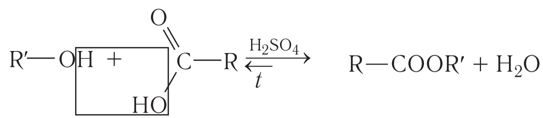
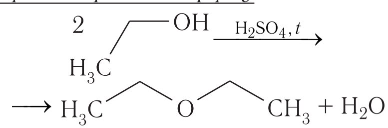
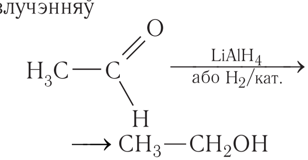
Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
	3. Ізамерызацыя $H_3C—CH_2—CH_2—CH_3 \xrightarrow{AlCl_3/100\,°C} H_3C—CH(CH_3)—CH_3$ *4. Дэгідрыраванне* $CH_3—CH_3 \xrightarrow{t} CH_2{=}CH_2 + H_2$ $\underset{\text{гексан}}{H_3C—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3} \xrightarrow[500\,°C,\ 15\ \text{атм}]{Pt/Al_2O_3}$ $\longrightarrow$  $+ H_2$ цыклагексан $\underset{\text{гексан}}{H_3C—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3} \xrightarrow[500\,°C,\ 15\ \text{атм}]{Pt/Al_2O_3}$ $\longrightarrow$  $+ 4H_2$ бензол		
Ненасычаныя вуглевадароды (алкены)			
Агульная формула C_nH_{2n} Плоская будова з валентнымі вугламі сувязей 120°	*1. Рэакцыі далучэння* Могуць далучаць H_2, Br_2, Cl_2, H_2O, HBr, HCl: $CH_2{=}CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl$	У прамысловасці: з прадуктаў перапрацоўкі нафты	У якасці сыравіны для хімічнай прамысловасці

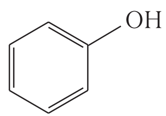
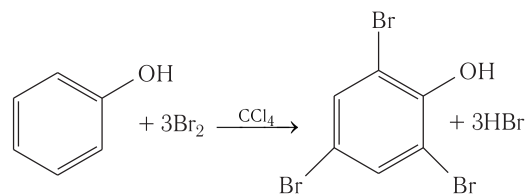
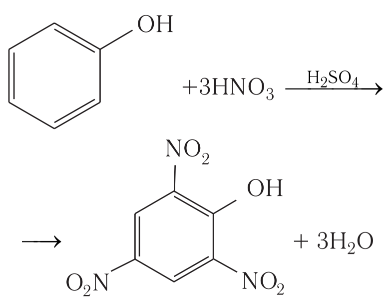
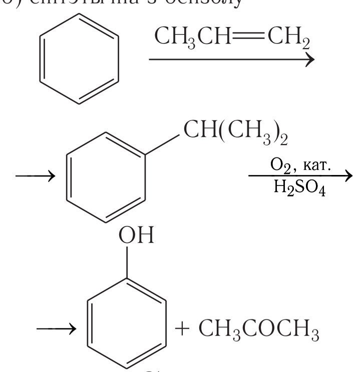
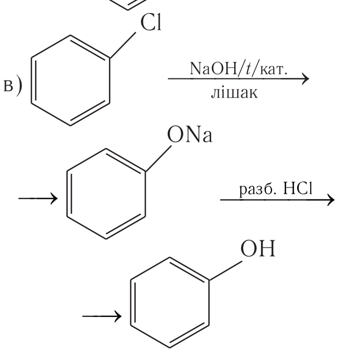
Даўжыня сувязей C═C 0,133 нм	*2. Рэакцыі акіслення* а) Растворам $KMnO_4$ у нейтральным або слабашчолачным асяроддзі пры нізкай тэмпературы:  б) Акісленне з разрывам C═C-сувязі: $3CH_3-CH{=}CH-CH_3 +$ $+ 4Na_2Cr_2O_7 + 16H_2SO_4 \xrightarrow{t} 6CH_3COOH +$ $4Cr_2(SO_4)_3 + 4Na_2SO_4 + 16H_2O$ в) Гарэнне: $C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$ Атрыманне воцатнага альдэгіду: $2H_2C{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{PdCl_2} 2H_3C-CHO$ г) Акісленне надкіслотамі:  *3. Рэакцыі полімерызацыі* $n(CH_2{=}CH_2) \xrightarrow[(CH_3CH_2)_3AL,\ TiCl_4,\ Li]{ROOR\ або} (-CH_2-CH_2-)_n$	У лабараторыі: 1) Дэгідратацыяй спіртоў $CH_3CH_2OH \xrightarrow[t]{H_2SO_4}$ $\longrightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2O$ або адшчапленнем галагенавадародаў ад галагеналканаў  хлоралкан $\longrightarrow R-CH{=}CH_2 + KCl + H_2O$ алкен 2) З дыгалагеналканаў $CH_2Br-CHBr-CH_2-CH_3 \xrightarrow{Zn}$ 1,2-дыбромбутан $\rightarrow H_2C{=}CH-CH_2-CH_3 + ZnBr_2$ бутэн-1 3) Гідрыраваннем алкінаў $R-CH_2-C{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow[t]{кат.}$ $\longrightarrow R-CH_2-CH{=}CH_2$	

Працяг

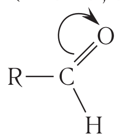
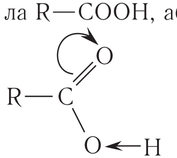
Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
Ненасычаныя вуглевадароды (алкадыены)			
Агульная формула C_nH_{2n-2} Плоская будова з валентнымі вугламі сувязей 120° Даўжыня сувязей $C{=}C{-}C{=}C$ 0,133 нм і 0,146 нм	<u>*1. Рэакцыі 1,2 і 1,4-далучэння*</u> $\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H{=}\overset{4}{C}H_2 + Br_2 \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_2Br{-}CHBr{-}CH{=}CH_2 +$ $+ CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$ <u>*2. Рэакцыі полімерызацыі*</u> $n(CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2) \xrightarrow[(CH_3CH_2)_3AL,\ TiCl_4,\ Li]{ROOR\ або}$ $\longrightarrow \left(CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2 \right)_n$	У прамысловасці: з прадуктаў перапрацоўкі нафты	У якасці сыравіны для атрымання высокамалекулярных рэчываў
Ненасычаныя вуглевадароды (алкіны)			
Агульная формула C_nH_{2n-2} Лінейная будова з валентнымі вугламі сувязей 180° Даўжыня сувязі $C{\equiv}C$ 0,120 нм	<u>*1. Рэакцыі далучэння*</u> Могуць далучаць вадарод, галагены, ваду, галагенавадароды $H{-}C{\equiv}C{-}H \xrightarrow{Br_2} HBrC{=}CHBr \xrightarrow{Br_2}$ $\longrightarrow HBr_2C{-}CHBr_2$ $H{-}C{\equiv}C{-}H \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3CHO$ <u>*2. Рэакцыі цыклізацыі*</u> $3CH{\equiv}CH \xrightarrow[t]{C}$  бензол	У прамысловасці: $6CH_4 + O_2 \xrightarrow{1500\ °C}$ $\longrightarrow 2CH{\equiv}CH + 2CO + 10H_2$ У лабараторыі: $CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow$ $\longrightarrow Ca(OH)_2 + HC{\equiv}CH$	Сыравіна для арганічнага сінтэзу Для зваркі і рэзкі металаў
Араматычныя вуглевадароды			
Агульная формула C_nH_{2n-6} Плоская структура з валентнымі вугламі сувязей 120°	<u>*1. Рэакцыі замяшчэння (на прыкладзе бензолу)*</u> 1)  бромбензол	Бензол і яго гамолагі: араматызацыя прадуктаў перагонкі нафты і пры перагонцы каменнавугальнай смалы	Для атрымання палімераў (капрон, полістырол і інш.),

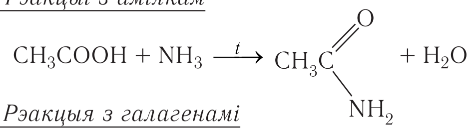
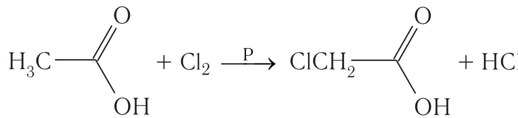
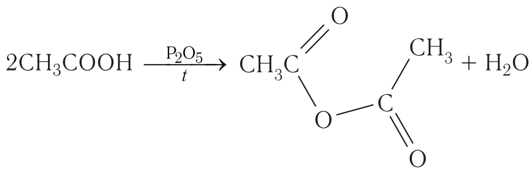
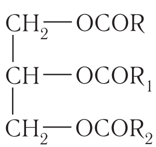
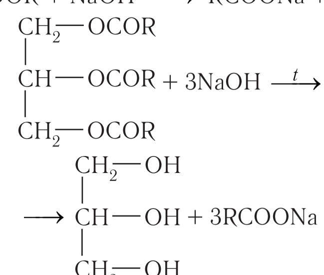
Даўжыні ўсіх C—C-сувязей аднолькавыя і роўны 0,140 нм	2)  нітрабензол *2. Рэакцыі далучэння*  цыклагексан  гексахлорцыклагексан		фарбавальнікаў, фенолу і ацэтону
Насычаныя аднаатамныя спірты			
Агульная формула ROH Кавалентная сувязь O—H палярная і атам вадароду гэтай групы з'яўляецца рэакцыйназдольным і рухомым Магчыма ўтварэнне вадароднай сувязі	*1. Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі* $2ROH + 2Na \longrightarrow 2RONa + H_2\uparrow$ *2. Узаемадзеянне з галагенвадародамі* $ROH + HCl \longrightarrow RCl + H_2O$ *3. Адшчапленне вады (дэгідратацыя)* $R—CH(H)—CH_2(OH) \xrightarrow[\text{канц.}]{H_2SO_4} R—CH{=}CH_2 + H_2O$	У прамысловасці: 1) гідратацыяй алкенаў $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow[\text{кат.}]{t,\ p} C_2H_5OH$ 2) з сінтэз-газу — метанол: $2H_2 + CO \xrightarrow[\text{кат.}]{t,\ p} CH_3OH$	Этанол для вытворчасці сінтэтычных каўчукоў; атрымання воцатнай кіслаты, разнастайных эфіраў; у якасці дэзінфіцыруючага сродку

Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
	4. Утварэнне складаных эфіраў  *5. Утварэнне простых эфіраў*  *6. Рэакцыі акіслення* *а) частковае акісленне:* $CH_3CH_2CH_2—OH \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3CH_2CHO$ прапанол-1 прапаналь $RCH_2—OH \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} RCOOH$ *б) поўнае акісленне:* $C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$	У лабараторыі: 1) з монагалагензамешчаных вуглевадародаў $R—CH_2—CH_2Cl \xrightarrow[HOH]{NaOH}$ $\longrightarrow R—CH_2—CH_2OH + NaCl$ 2) аднаўленнем карбанільных злучэнняў 	
Насычаныя мнагаатамныя спірты			
CH_2OH | CH_2OH этыленгліколь CH_2OH | $CHOH$ | CH_2OH гліцэрына	*1. Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі* $2CH_2OHCHOHCH_2OH + 6Na \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_2ONaCHONaCH_2ONa + 3H_2$ *2. Узаемадзеянне з кіслотамі* $CH_2OHCHOHCH_2OH + 3HCl \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_2ClCHClCH_2Cl + 3H_2O$ $CH_2OHCHOHCH_2OH + 3HNO_3(H_2SO_4) \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_2ONO_2CHONO_2CH_2ONO_2 + 3H_2O$ *3. Узаемадзеянне з гідраксідам медзі (II):* гліцэрына + $Cu(OH)_2 \longrightarrow$ раствор ярка-сіняга колеру	У прамысловасці гліцэрына: 1) гідроліз тлушчаў 2) сінтэтычна з прапену	Этыленгліколь для атрымання лаўсану, арганічных злучэнняў іншых класаў; у якасці антыфрызу Гліцэрына ў фармакалогіі, медыцыне, парфумерыі;

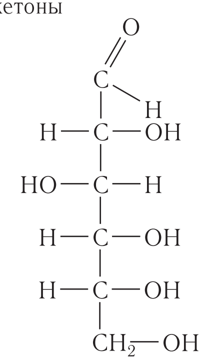
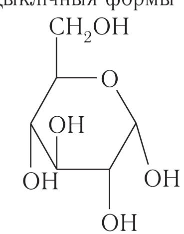
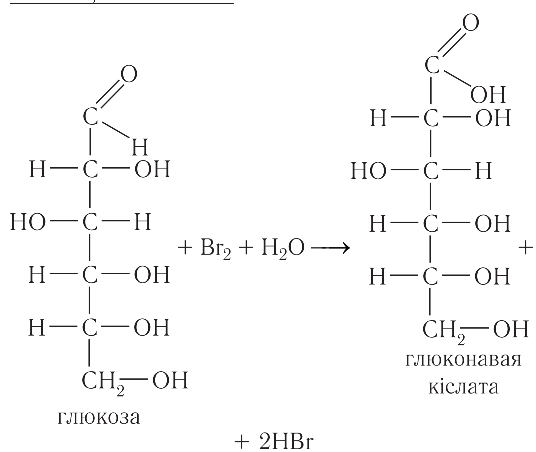
Узаемны ўплыў гідраксільных груп узмацняе кіслотныя ўласцівасці мнагаатамных спіртоў			для атрымання выбуховых рэчываў
Фенолы			
Структурная формула  Гідраксільная група актывуе рэакцыі замяшчэння атамаў вадароду ў становішчах 2, 4, 6 бензольнага кольца Фенільная група павышае кіслотнасць у параўнанні са спіртамі	*1. Рэакцыі гідраксільнай групы* а) Узаемадзеянне са шчолачнымі металамі: $2C_6H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5ONa + H_2\uparrow$ б) Узаемадзеянне са шчолачамі $C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O$ *2. Рэакцыі замяшчэння ў бензольным кольцы* а) Рэакцыя з галагенамі:  б) Рэакцыя з азотнай кіслатой: 	У прамысловасці: а) вылучаюць з прадуктаў піролізу каменнага вуглю б) сінтэтычна з бензолу  в) 	Для сінтэзу фарбавальнікаў, лекавых прэпаратаў, выбуховых рэчываў Для вытворчасці сінтэтычных смол і пластмас

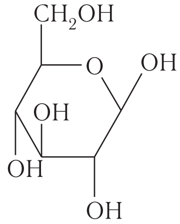
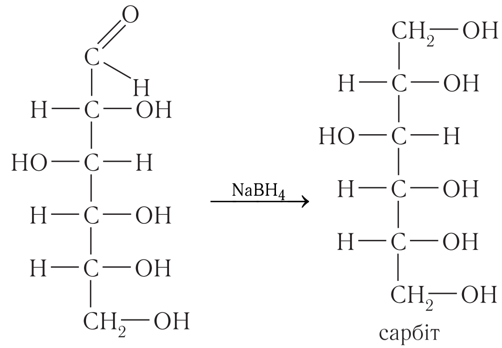
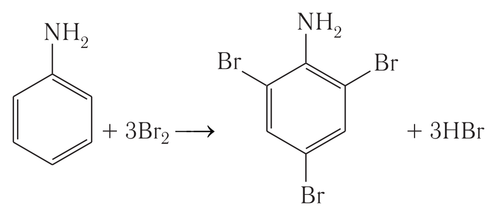
Працяг

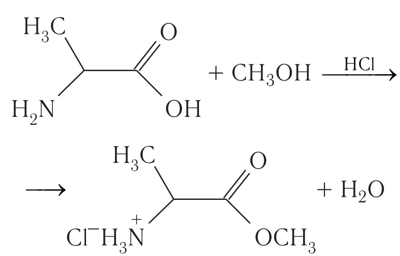
Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
	Альдэгіды		
Агульная формула R—CHO, або  Сувязь C═O моцна палярная	*1. Рэакцыі далучэння* $RCHO \xrightarrow[(NaBH_4)]{H_2} RCH_2OH$ $CH_3CHO + HOH \rightleftarrows CH_3CH(OH)OH$ $CH_3CHO + CH_3OH \rightleftarrows CH_3CH(OCH_3)OH$ *2. Рэакцыі акіслення* $RCHO + Ag_2O \xrightarrow[t]{NH_3/H_2O} RCOOH + 2Ag$ $RCHO + 2Cu(OH)_2 \longrightarrow$ $\xrightarrow{t} RCOOH + Cu_2O + 2H_2O$ $RCHO \xrightarrow{KMnO_4} RCOOH$ $2CH_3CHO + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$	У прамысловасці воцатны альдэгід: $2CH_2{=}CH_2 + O_2 \longrightarrow$ $\xrightarrow[CuCl_2]{PdCl_2/H_2O} 2CH_3CHO$ $R{-}CH_2OH \xrightarrow{[O]/кат.}$ $\longrightarrow R{-}CHO + H_2$ У лабараторыі: $CH_3CH_2OH + CuO \xrightarrow{t}$ $\longrightarrow CH_3CHO + H_2O + Cu$ $RCH_2CHCl_2 + 2NaOH \xrightarrow{H_2O}$ $\longrightarrow RCH_2CHO + 2NaCl$	Воцатны альдэгід для вытворчасці воцатнай кіслаты Фармальдэгід для вытворчасці фенолфармальдэгідных пластмас
	Насычаныя аднаасноўныя карбонавыя кіслоты		
Агульная формула R—COOH, або 	*1. Кіслотныя ўласцівасці* Растваральныя ў вадзе дысацыіруюць у водным растворы і змяняюць афарбоўку індыкатара: $R{-}COOH \rightleftarrows RCOO^- + H^+$ *2. Рэакцыі з металамі, аксідамі, гідраксідамі металаў і солямі больш слабых кіслот* $2RCOOH + Mg \longrightarrow (RCOO)_2Mg + H_2$ $2RCOOH + MgO \longrightarrow (RCOO)_2Mg + H_2O$ $RCOOH + NaOH \longrightarrow RCOONa + H_2O$ $RCOOH + NaHCO_3 \longrightarrow RCOONa + H_2O + CO_2$	У прамысловасці воцатная кіслата: $2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{кат.}$ $\longrightarrow 2CH_3COOH$ $CH_3OH + CO \longrightarrow$ $\xrightarrow{Rh/I_2} CH_3COOH$ $2CH_3CH_2CH_2CH_3 + 5O_2 \longrightarrow$ $\xrightarrow[t]{солі\ Mn,\ Co} 4CH_3COOH + 2H_2O$	Воцатная кіслата для атрымання палімераў, фарбавальнікаў, складаных эфіраў

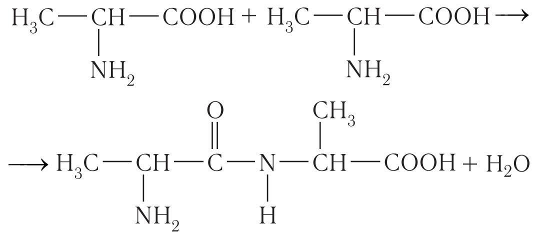
	3. Рэакцыі са спіртамі $RCOOH + ROH \xrightleftharpoons{H_2SO_4} RCOOR + H_2O$ *4. Рэакцыі з аміякам*  *5. Рэакцыя з галагенамі*  *6. Атрыманне ангідрыдаў*  7. $HCOOH + Ag_2O \xrightarrow{t, NH_3/H_2O} CO_2 + H_2O + 2Ag$	У лабараторыі: $RCH_2OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCOOH$ $RCHO \xrightarrow{KMnO_4} RCOOH$ $(CH_3CO)_2O + H_2O \longrightarrow$ $\longrightarrow 2CH_3COOH$ $RCOOR' + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4}$ $\longrightarrow RCOOH + R'OH$	
Складаныя эфіры. Тлушчы			
Агульная формулы $RCOOR'$ складаныя эфіры  тлушчы	*1. Гідроліз* $RCOOR + NaOH \xrightarrow{t} RCOONa + ROH$ 	У прамысловасці: $RCOOH + ROH \xrightleftharpoons{H_2SO_4}$ $\longrightarrow RCOOR + H_2O$	Растваральнікі і аддушкі

Працяг

Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
	2. Гідрыраванне тлушчаў $CH_2—OCOC_{17}H_{33}$ $CH—OCOC_{17}H_{33} \xrightarrow[t]{3H_2} CH—OCOC_{17}H_{35}$ $CH_2—OCOC_{17}H_{33}$ … $CH_2—OCOC_{17}H_{35}$ $CH_2—OCOC_{17}H_{35}$		
	Вугляводы		
Полігідраксіальдэгіды і полігідраксі-кетоны  Цыклічныя формы  α-форма	*1. Рэакцыі акіслення* 		Крухмал для прыгатавання джэмаў, варэння, мармеладу і цукерак Цэлюлоза для атрымання паперы, кардону, тканін, штучных валокнаў

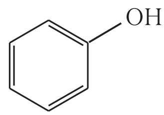
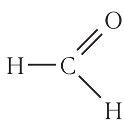
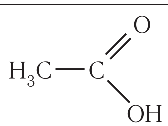
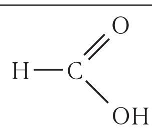
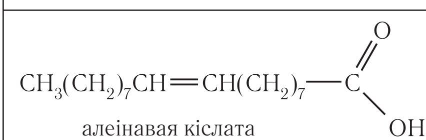
 β-форма	*2. Рэакцыя аднаўлення*  глюкоза сарбіт *3. Браджэнне* $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$		
Аміны			
Агульная формула $R—NH_2$ З'яўляюцца арганічнымі асновамі за кошт непадзеленай электроннай пары атама азоту	*1. Рэакцыя з кіслотамі* $CH_3NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3\overset{+}{N}H_3\overset{-}{Cl}$ *2. Галагенаванне араматычных амінаў* 	У прамысловасці: каталітычным аднаўленнем нітразлучэнняў $R—NO_2 \xrightarrow{[H]} R—NH_2 + H_2O$ У лабараторыі: $CH_3CH_2Cl + 2NH_3 \longrightarrow$ $\longrightarrow CH_3CH_2NH_2 + NH_4Cl$	Для сінтэзу лекавых рэчываў, пестыцыдаў, пластмас і фарбавальнікаў

Састаў. Будова	Хімічныя ўласцівасці	Метады атрымання	Прымяненне
	3. Гарэнне $4CH_3NH_2 + 9O_2 \longrightarrow 2N_2 + 4CO_2 + 10H_2O$		
Амінакіслоты			
Агульная формула α-амінакіслот $R-CH(NH_2)-COOH$ Валодаюць уласцівасцямі амінаў і карбонавых кіслот Здольныя рэагаваць адна з адной з утварэннем дыпептыдаў і бялкоў	*1. Рэакцыя амінакіслот як амінаў* $H_3C-CH(NH_2)-COOH + HCl \longrightarrow$ $\longrightarrow H_3C-CH(^{+}NH_3Cl^{-})-COOH$ *2. Рэакцыя амінакіслот як карбонавых кіслот* $H_3C-CH(NH_2)-COOH + KOH \longrightarrow$ $\longrightarrow H_3C-CH(NH_2)-COOK + H_2O$ 	У лабараторыі: $H_3C-CH(Cl)-COOH + 2NH_3 \longrightarrow$ $\longrightarrow H_3C-CH(NH_2)-COOH + NH_4Cl$	Астаткі амінакіслот уваходзяць у састаў бялковай ежы чалавека і жывёл У сельскай гаспадарцы для падкормкі жывёл Некаторыя амінакіслоты для атрымання сінтэтычных валокнаў

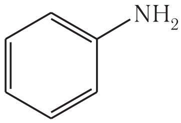
-	*3. Утварэнне дыпептыдаў*  дыпептыд *4. Полікандэнсацыя ε-амінакапронавай кіслаты* $n(NH_2(CH_2)_5COOH) \longrightarrow$ $\longrightarrow \left(NH(CH_2)_5CO \right)_n + nH_2O$		

ДАДАТАК 3

Якасныя рэакцыі арганічных злучэнняў

Формула і назва рэчыва	Рэактыў/умовы правядзення рэакцыі	Прыметы рэакцыі
$CH_2{=}CH_2$ этэн (этылен)	Br_2/H_2O $KMnO_4$/+5 °C	Абясколерванне раствору, утварэнне CH_2BrCH_2Br Абясколерванне раствору, утварэнне CH_2OHCH_2OH
$CH_2(OH)CH(OH)CH_2(OH)$ прапантрыёл-1,2,3 (гліцэрына)	$Cu(OH)_2$	Ярка-сіні раствор
 фенол	Br_2/H_2O Раствор $FeCl_3$	Белы асадак 2,4,6-трыбромфенолу Раствор фіялетавага колеру
 метаналь	$Cu(OH)_2/t$ Ag_2O	Чырвоны асадак Cu_2O Асаджэнне серабра на сценках прабіркі
 этанавая кіслата (воцатная кіслата)	Лакмус Раствор Na_2CO_3	Раствор чырвонага колеру Вылучэнне CO_2
 метанавая кіслата (мурашыная кіслата)	Лакмус Раствор Na_2CO_3	Раствор чырвонага колеру Вылучэнне CO_2
 алеінавая кіслата	Br_2/H_2O або $KMnO_4$	Абясколерванне раствору
$C_6H_{12}O_6$ глюкоза	$Cu(OH)_2/t$ Ag_2O	Ярка-сіні раствор; пасля награвання чырвоны асадак Cu_2O Асаджэнне серабра на сценках прабіркі

Працяг

Формула і назва рэчыва	Рэактыў/умовы правядзення рэакцыі	Прыметы рэакцыі
$(C_6H_{10}O_5)_n$ крухмал	Раствор I_2	Раствор сіняга колеру
 анілін	Br_2/H_2O	Белы асадак 2,4,6-трыбром-аніліну
Бялок (раствор)	HNO_3 $Cu(OH)_2$	Асадак жоўтага колеру Раствор фіялетавага колеру

ПРАДМЕТНЫ ПАКАЗАЛЬНІК

А

Б

В

Г

Д

З

І

К

Л

М

Н

П

Р

С

ІМЯННЫ ПАКАЗАЛЬНІК

Адказы на разліковыя задачы

Раздзел 1. Тэорыя хімічнай будовы арганічных злучэнняў

§ 1. 4. а) C — 0,75; б) C — 0,80; в) C — 0,2.

Раздзел 2. Насычаныя вуглевадароды

§ 5. 7. C — 82,76.
§ 6. 7. 286 дм^3.
§ 8. 4. 4,3 дм^3. **7.** C_3H_8. **8.** 0,35.

Раздзел 3. Ненасычаныя вуглевадароды

§ 10. 6. Лік ізамераў — $2n - 5$. **7.** C — 22,4 %. **8.** 900 дм^3.
§ 11. 3. C_4H_8. **5.** C_3H_6. **7.** C_3H_6. **9.** Этэн — 0,747 дм^3; прапен — 3,285 дм^3.
§ 12. 4. 209,2 см^3. **5.** 86,6 %. **6.** C_4H_8.
§ 13. 2. 270 дм^3. **3.** C_4H_8. **7.** 40 дм^3.
§ 14. 9. 3,1 м^3. **10.** 8,1 кг.
§ 16. 7. 88 дм^3. **8.** 1,12 дм^3. **9.** 21,7 кг.

Раздзел 4. Араматычныя вуглевадароды

§ 17. 4. 95 %. **6.** 284 дм^3.
§ 18. 2. 87,1 %. **5.** 90,1 %. **6.** 1,3 г.
§ 19. 6. 640 кг. а) 320 г. б) 2,1 г. **9.** 79,5 дм^3.
§ 20. 1. C_5H_{12}. **2.** C_3H_6. **3.** C_2H_2. **4.** C_4H_{10}. **5.** C_3H_6.

Раздзел 5. Спірты і фенолы

§ 21. 8. а) C_3H_8O; б) C_2H_6O.
§ 22. 10. $C_4H_{10}O$.
§ 23. 8. 24,48 г. **9.** 0,96 моль. **10.** а) 0,19; б) 4,2 моль/дм^3. **11.** 96,08 дм^3.**12.** C_3H_7OH.
§ 24. 7. 210,5 см^3 раствору спірту; 231,8 см^3 вады. **8.** 0,9. **9.** 0,955; CO — 18,14 м^3; H_2 — 9,07 м^3.
§ 25. 1. 1,792 дм^3. **2.** $C_5H_{12}O$. **3.** C_2H_5OH. **4.** Бутанол; $C_4H_{10}O$. **5.** C_3H_8O.
§ 26. 12. 10,538 дм^3; 21,056 дм^3; 31,584 дм^3.
§ 27. 10. 6,25 %. **11.** 143,84 г.
§ 28. 7. 157,356 кг.

Раздзел 6. Альдэгіды і карбонавыя кіслоты

§ 29. 8. а) C_4H_8O; б) C_3H_6O. **9.** C_3H_6O.
§ 30. 8. 54,88 дм^3. **9.** 90 %. **10.** C_3H_6O. **11.** 90 г.
§ 31. 8. 2257,92 м^3. **9.** 28,75 г. **10.** C_3H_6O, прапаналь.
§ 33. 9. C_2H_5COOH. **10.** CH_3CH_2COOH.
§ 34. 8. а) $C_9H_{18}O_2$; б) $C_4H_8O_2$. **9.** 33,81 г. **10.** CH_3CH_2COOH. **11.** а) 719,3 см^3; б) 619,9 см^3; в) 450,3 см^3.
§ 35. 6. 132 м^3; 1237,5 кг. **7.** 70 г. **8.** 465,92 дм^3. **9.** 4,17 моль. **10.** CH_3COOH.
§ 36. 10. а) $C_4H_6O_2$; б) $C_{18}H_{34}O_2$.
§ 37. 1. C_3H_6O. **2.** C_4H_9COOH. **3.** CH_2O. **4.** CH_3COOH.

Раздзел 7. Складаныя эфіры. Тлушчы

§ 39. 8. $C_2H_5COOC_2H_5$. **10.** Кіслата — 483 г; спірт — 483 г.
§ 40. 6. 50,32 г. **7.** 71,4 г. **8.** CH_3OH — 81,9 г; CH_3COOH — 153,57 г. **9.** 65, 42 г. **10.** 124,544 дм^3.
§ 41. 7. 80,4 кг.
§ 42. 11. 20,7 моль. **12.** Нет.

Раздзел 8. Вугляводы

§ 44. 7. 268,8 дм^3.
§ 45. 5. 60 г. **7.** 168 г $NaHCO_3$ і 720,6 г вады.
§ 46. 5. 180,5 г. **6.** 78,2 %.
§ 47. 6. 820 кг. **7.** 6172.
§ 48. 8. 53 дм^3.
§ 49. 5. 1 м^3. **6.** 37,5 кг.
§ 50. 8. 47,8 %.

Раздзел 9. Аміны. Амінакіслоты. Бялкі

§ 51. 9. 672 дм^3; 930 г. **10.** $CH_3—CH_2—CH_2NH_2$; $CH_3—CH(NH_2)—CH_3$; $CH_3—NH—C_2H_5$.
§ 52. 8. 101,25 г. **9.** CO_2 — 66,67 %, N_2 — 33,33 %. **10.** $C_4H_{11}N$.
§ 53. 10. $C_2H_5O_2N$; CH_2NH_2COOH. **12.** 215 см^3.
§ 54. 9. 94 %. **10.** 4356,48 кг.
§ 56. 10. 16 000. **11.** Гліцылгліцын.

Раздзел 10. Абагульненне і сістэматызацыя ведаў па арганічнай хіміі

§ 59. 4. 7,52 г. **5.** 101 г. **6.** C_5H_{10}.
§ 60. 8. 93,24 кг.
§ 61. 6. ГДК перавышана ў 2 разы.

ЗМЕСТ

РАЗДЗЕЛ 5

Спірты і фенолы

РАЗДЗЕЛ 6

Альдэгіды і карбонавыя кіслоты

РАЗДЗЕЛ 7

Складаныя эфіры. Тлушчы

РАЗДЗЕЛ 8
Вугляводы

РАЗДЗЕЛ 9
Аміны. Амінакіслоты. Бялкі

РАЗДЗЕЛ 10
Абагульненне і сістэматызацыя ведаў па арганічнай хіміі

Вучэбнае выданне

Ельніцкі Аркадзь Пятровіч
Шарапа Алена Іванаўна

ХІМІЯ

Вучэбны дапаможнік для 11 класа
агульнаадукацыйных устаноў
з беларускай мовай навучання
з 11-гадовым тэрмінам навучання

Заг. рэдакцыі *В. Г. Бехціна*. Рэдактар *А. У. Ліцвіновіч*. Афармленне *А. Г. Дашкевіч*.
Мастацкі рэдактар *В. І. Казлоў*. Тэхнічны рэдактар *А. У. Прудывус*.
Карэктары *В. С. Бабеня, Д. Р. Лосік, А. П. Тхір, Г. В. Алешка.*

Падпісана ў друк 10.10.2008. Фармат 70×90 1/16. Папера афсетная. Гарнітура літаратурная.
Афсетны друк. Умоўн.-друк. арк. 20,48. Ул.-выд. арк. 14. Тыраж 23 644 экз. Заказ .

Выдавецкае рэспубліканскае унітарнае прадпрыемства «Народная асвета»
Міністэрства інфармацыі Рэспублікі Беларусь.
ЛИ 02330/0131732 ад 01.04.2004. Пр. Пераможцаў, 11, 220004, Мінск.

Рэспубліканскае унітарнае прадпрыемства «Мінская фабрыка каляровага друку».
ЛП № 02330/0056853 ад 30.04.2004. Вул. Каржанеўскага, 20, 220024, Мінск.

(Назва і нумар школы)

Вучэбны год	Імя і прозвішча вучня	Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні	Адзнака вучню за карыстанне вучэбным дапаможнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			